

Geologie des Gebietes Kalat-i-Ghilzai und seine Stellung im südostafghanischen Gebirgsbau

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu
München

vorgelegt
von

ANDREAS HESS

aus
München

Dezember 1963

1964

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Februar 1964

1. Berichterstatter: Prof. Dr. F. NEUMAIER

2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. A. MAUCHER

Geologie des Gebietes Kalat-i-Ghilzai und seine Stellung im südostafghanischen Gebirgsbau

VON ANDREAS HESS *)

Mit 28 Abbildungen und Falttafeln 7—8

Kurzfassung: Im Rahmen der geologischen Arbeiten der Deutschen Geologischen Mission in Afghanistan wurde 1961/62 ein Teilgebiet der südostafghanischen Belutschistan — Indus-Geosynklinale im Gebiet um Kalat-i-Ghilzai untersucht.

Es wurden folgende Schichten nachgewiesen:

1. Jungtertiäre Schotter und Sande.
2. Alttertiäre Schiefer, Kalke und Sandsteine mit eingeschalteten Ophiolithen.
3. Kretazische Kalke, teilweise mit Ophiolithen.
4. Eine präpermische Folge schwach metamorpher Schiefer und Kalke.

Das regionale Streichen der Schichten liegt bei 40—60°. Quer zum Streichen wurde von West nach Ost folgende Zonengliederung festgestellt:

1. Zone fossilarmer Kreidekalke mit Massenkalken.
2. Metamorphe Zone.
3. Ophiolithführende Kreidekalke.
4. Ophiolithführende Randzone der alttertiären Kalke mit Übergang zu Flyschfazies.
5. Zone des ophiolithfreien Flyschtroges.

Die kretazische und alttertiäre Schichtenfolge wurde von einer posteozenen Faltung erfaßt. Es wurden weitgespannte Mulden und Sättel mit leichter SE-Vergenz gebildet. In den ophiolithführenden Zonen der Kreidekalke konnte eine Verschuppung nachgewiesen werden. Postorogene Bewegungen erzeugten den „Kalater Zerrgraben“. Junge Bewegungen sind an dem verschieden hohen Terrassenniveau der Schotteroberkante der jungtertiären grobklastischen Sedimente des Kalater Grabens ablesbar.

Abstract: In the course of geological investigations, carried out by the German Geological Mission in Afghanistan, part of the SE-Afghan Baluchistan — Indus Geosyncline was mapped during 1961/62. The area of investigation was near Kalat-i-Ghilzai.

The existence of the following strata could be demonstrated:

- 1) Upper Tertiary gravels and sands.
- 2) Lower Tertiary shales, limestones and sandstones with intercalated ophiolites.
- 3) Cretaceous limestones, partly with ophiolites.
- 4) A pre-Permian sequence of slightly metamorphic slates and limestones.

The regional strike of the beds is about 40—60°. Across the strike the following zonal division was ascertained from W to E.

- 1) Zone of Cretaceous limestones, poor in fossils, with massive limestones.
- 2) Metamorphic zone.

*) Anschrift des Autors: Dr. A. Hess, Bundesanstalt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus, Postfach 54.

**) Als Dissertation angenommen von der Ludwig-Maximilians-Universität München; vorgelegt Dezember 1963.

- 3) Ophiolite-bearing Cretaceous limestones.
- 4) Ophiolite-bearing marginal zone of Lower Tertiary limestones with transition to flysch facies.
- 5) Zone of the non-ophiolitic flysch trough.

The Cretaceous and Lower Tertiary sequence was subject to a post-Eocene folding. This resulted in widely arched syn- and anticlines with slight vergency towards SE. The ophiolite-bearing zones of Cretaceous limestones gave evidence of an imbrication. Post-orogenic movements produced the "tensional graben of Kalat". The different levels of the top of the Upper Tertiary coarse-grained sediments in the Kalat graben display the traces of young movements.

Résumé : Au cours des enquêtes géologiques effectuées en 1961 et 1962 par la Mission Géologique Allemande en Afghanistan a été étudiée une partie du géosynclinal du Baloutchistan — Indus au sud-est de l'Afghanistan dans la région de Kalat-i-Ghilzai.

Les couches suivantes ont été démontrées comme présentes:

1. Gravieres et sables, du Tertiaire supérieur.
2. Schistes, calcaires et grès avec des intercalations d'ophiolites, du Tertiaire inférieur.
3. Calcaires, en partie avec des ophiolites, du Crétacé.
4. Une série de schistes et de calcaires faiblement métamorphiques, d'une époque pré-permienne.

La direction régionale des couches est de 40° à 60° . Transversalement à cette direction, allant de l'ouest à l'est, la subdivision des zones est la suivante:

1. Zone de calcaires crayeux peu fossilifères avec des calcaires massifs.
2. Zone métamorphique.
3. Calcaires crayeux contenant des ophiolites.
4. Zone marginale des calcaires du Tertiaire inférieur contenant des ophiolites, avec passage au faciès de flysch.
5. Zone du bassin de flysch sans ophiolites.

La séquence des strates du Crétacé et du Tertiaire inférieur a été affecté par un plissement post-éocène au cours duquel se sont formés de vastes synclinaux et anticlinaux avec un léger déversement SE. Dans les zones des calcaires crayeux contenant des ophiolites, une imbrication en lames de charriage a pu être démontrée. Des mouvements postorogéniques ont engendré le «Fossé d'extension de Kalat». Des mouvements récents se traduisent par la différence de niveau des terrasses du bord supérieur des sédiments clastiques grossiers du Tertiaire supérieur du Fossé de Kalat.

Inhalt

1. Vorwort	92
2. Einleitung	92
2.1. Anlaß und Ziel der Arbeit	92
2.2. Arbeitsunterlagen	93
2.3. Geographische Lage des Arbeitsgebietes	94
2.4. Klima, Vegetation und Bevölkerung	95
2.5. Morphologie und Aufschlußverhältnisse	95
3. Schichtfolge	96
3.1. Allgemeine Charakteristik	96
3.1.1. Prä-geosynklinaler kristalliner Sockel	96
3.1.2. Sedimentäre Auflagerung	96

3.2. Spezieller Teil	97
3.2.1. Metamorphe Serie	97
3.2.1.1. Metamorphe Serie des Manzanai Ghar	97
3.2.1.1.1. Marmor	98
3.2.1.1.2. Phyllit	99
3.2.1.1.3. Hornblendeschiefer mit Quarziten	100
3.2.1.1.4. Edukte und Metamorphosegrad der kristallinen Schiefer und Marmore des Manzanai Ghar	101
3.2.1.2. Metamorphe Serie ENE und WSW Kalat	102
3.2.1.3. Die regionale Stellung der Paragesteine und ihre Alters- einstufung	103
3.2.2. Kreide	104
3.2.2.1. Allgemeines und Verbreitung	104
3.2.2.2. Graue gebankte Kalke	104
3.2.2.2.1. Ausbildung	104
3.2.2.2.2. Fossilfunde und Alterseinstufung	106
3.2.2.3. Weiße Massenkalk	108
3.2.3. Tertiär	109
3.2.3.1. Allgemeines und Verbreitung	109
3.2.3.2. Paleozän	109
3.2.3.3. Untereozän	110
3.2.3.3.1. Urgunschiefer und Nummulitenkalke	110
3.2.3.3.2. Sandig-klastisches Untereozän	111
3.2.3.4. Regionale Stellung des Alttertiärs	112
3.2.3.5. Jungtertiäre Schotter und Sande (Miozän/Pliozän)	112
3.2.3.5.1. Lithologische Zusammensetzung und Geröllgrößen	113
3.2.3.5.2. Alter der Schotter und Sande	116
3.2.4. Ophiolithe (Serpentine und Diabase) Kreide bis Alttertiär	116
3.2.4.1. Allgemeine Bemerkungen	116
3.2.4.2. Kartierung und Verbreitung	116
3.2.4.3. Petrographie	117
3.2.4.4. Lagerungsverhältnisse der Ophiolithe	120
3.2.4.4.1. Ophiolithe und metamorphe Serie	120
3.2.4.4.2. Ophiolithe und Kreidekalke	120
3.2.4.4.3. Ophiolithe des Borgana	121
3.2.4.4.4. Ophiolithe und Alttertiär	121
3.2.4.5. Alter der Ophiolithe	121
3.2.5. Lithologische Zonengliederung auf Blatt Kalat	122
4. Tektonik	122
4.1. Platznahme der Ophiolithe	122
4.2. Verfaltungen	123
4.3. Epirogene Bewegungen und Bruchtektonik	124
5. Erdgeschichtliche Entwicklung des Kalater Gebietes	125
6. Regionale Stellung des Kalater Gebietes	128
6.1. Die Stellung des Kalater Gebietes in der Belutschistan — Indus-Geosyn- klinale	128
6.2. Paläogeographie der Belutschistan — Indus-Geosynklinale	130
6.3. Zur regionalen Stellung der Ophiolithe	130
7. Zusammenfassung und Schlußfolgerung	131
8. Schriften	133

1. Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der regionalen geologischen Kartierung der Deutschen Geologischen Mission in Afghanistan, die durch die Bundesanstalt für Bodenforschung gefördert und unterstützt wird.

Ich möchte an dieser Stelle der Leitung der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover meinen herzlichen Dank dafür sagen, daß ich als Ausbildungsgeologe die Arbeit in Afghanistan durchführen konnte.

Mein besonderer Dank gilt meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. F. NEUMAIER für die Annahme der Arbeit als Dissertation, die er durch kritische Ratsschläge gefördert hat.

Herrn Professor Dr.-Ing. A. MAUCHER, dem Vorstand des Instituts für allgemeine und angewandte Geologie und Mineralogie der Universität München, bin ich für die Bereitstellung aller Arbeitsgeräte, die für die Ausarbeitung der Felduntersuchungen benötigt wurden, sehr verpflichtet.

Herrn Dipl.-Geol. G. HERGET danke ich für wichtige Hinweise bei der petrographischen Bearbeitung der Gesteinspräparate.

Allen Mitgliedern der Deutschen Geologischen Mission in Afghanistan, insbesondere dem Leiter, Herrn Dr. D. WIRTZ †, sowie den Herren Dr. O. GANSS und Dr. M. KAEVER gebührt mein Dank für ihre verständnisvolle Unterstützung.

Herr Dr. O. GANSS führte mich im Herbst 1961 in mein Arbeitsgebiet ein; dank seiner genauen Kenntnis der angrenzenden Gebiete stand er mir mit kritischem Rat zur Seite.

Herr Dr. M. KAEVER übernahm liebenswürdigerweise die mikropaläontologischen Altersbestimmungen.

Großzügig wurde schließlich die Arbeit durch die afghanischen Dienststellen des Minenministeriums und des Geological Survey of Afghanistan unterstützt.

Dem Herrn Gouverneur von Kalat-i-Ghilzai bin ich für die Bereitstellung von Führern und Militärschutz sehr verpflichtet.

Die unermüdliche Ausdauer des afghanischen Hilfspersonals — Fahrer und Dolmetscher bei der Feldarbeit und Laboranten bei der Anfertigung der Gesteinsdünn-schliffe — trug viel zum Gelingen der Arbeit bei.

2. Einleitung

2.1. Anlaß und Ziel der Arbeit

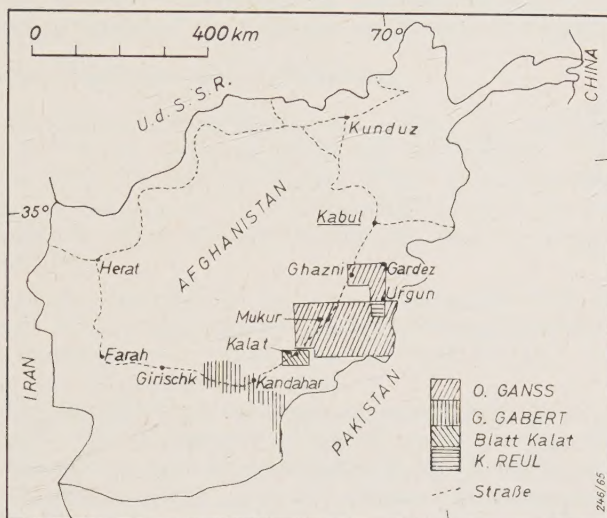
Von September 1961 bis August 1962 gehörte ich als Ausbildungsgeologe der Deutschen Geologischen Mission in Afghanistan (DGMA) an; in dieser Zeit mußte ich die Geländebegehungen zu vorliegender Arbeit durchführen.

Es war meine Aufgabe, das geologisch bisher unbekannte Gebiet um Kalat-i-Ghilzai in Südost-Afghanistan zu bearbeiten und somit eine Lücke zwischen den Arbeitsgebieten von O. GANSS und K. REUL (nordöstlich Kalat-i-Ghilzai) und G. GABERT (südwestlich Kalat-i-Ghilzai) zu schließen (s. Abb. 1).

Bei diesen Untersuchungen interessierte es, welche Stellung das Arbeitsgebiet innerhalb der „Belutschistan—Indus-Geosynklinale“ einnimmt. Besondere Beachtung wurde den sedimentär-stratigraphischen Voraussetzungen für eine eventuelle Erdöl-höflichkeit gewidmet, einer für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes eminent

wichtigen Frage. Es war mir bewußt, daß von meinem kleinen Arbeitsbereich aus sich hierüber nur in beschränktem Maße Aussagen machen lassen würden; immerhin bestand die Hoffnung, daß Einzelerkenntnisse über Sedimentationsbedingungen, orogene Aktivität und Plutonismus zum besseren Verständnis des gesamten geologischen Raumes beitragen würden.

Abb. 1. Lageplan des Blattes Kalat-i-Ghilzai und angrenzender Arbeitsgebiete der DGMA.



Ferner interessierte die Frage, ob sich die aus dem Logartal (südlich Kabul) bekannten ultrabasischen Chromitvorkommen weiter nach Süden verfolgen lassen würden und Hoffnung auf die Auffindung weiterer Einzellagerstätten bestünde.

Die Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit erfolgte am Institut für allgemeine und angewandte Geologie der Universität München in der Zeit von September 1962 bis Herbst 1963.

2.2. Arbeitsunterlagen

Als einzige topographische Unterlage existiert in Afghanistan nur die von den Engländern erstellte „Quarter-Inch“-Karte¹⁾. Im Jahr 1958 stellte die Fairchild Aerial Survey Inc., Los Angeles, Vertikalluftaufnahmen von Südost-Afghanistan her. Diese Aufnahmen, die im Maßstab 1 : 60 000 und 1 : 30 000 vorliegen, sind zu einem Photomosaik im Maßstab 1 : 250 000 zusammengefügt worden, in das die ganzzahligen Grade des internationalen Gradnetzes (Greenwich) eingetragen sind. An einer topographischen Karte von Afghanistan mit einem detaillierten Gradnetz wird zur Zeit in Kabul gearbeitet; leider lag sie bei Fertigstellung dieser Arbeit noch nicht vor.

Für die Geländearbeit wurden vom königlich afghanischen Minenministerium die oben genannten sehr klaren Vertikalluftaufnahmen im Maßstab 1 : 60 000 zur Verfügung gestellt, für die Ausarbeitung der geologischen Karte in Kabul lagen die Luftaufnahmen im Maßstab 1 : 30 000 vor.

¹⁾ A Quarter-Inch reconnaissance survey 1879—80. Reprinted from interim edition, Survey of India, 1941. Published by War Office 1941, 3rd edition.

Meine geologische Karte (1 : 30 000) wurde in der Bundesanstalt für Bodenforschung photomechanisch auf 1 : 50 000 verkleinert. Die Topographie wurde auf Grund eines unentzerrten Photomosaiks zusammengestellt, Orts- und Bergnamen wurden im Gelände erfragt. Sämtliche Höhenangaben beruhen auf eigenen barometrischen Messungen mit einem Taschenhöhenmesser. Um aus diesen Höhenwerten die täglichen Luftdruckschwankungen zu eliminieren, wurde in der Nähe des Hotels in Kalat-i-Ghilzai²⁾ an drei Tagen stündlich der Luftdruck gemessen (Abb. 2).

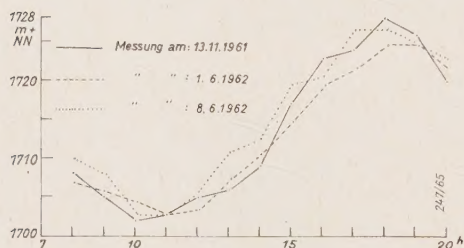


Abb. 2. Graphische Darstellung der barometrischen Höhenbestimmung.

Alle drei Kurven zeigen einen parallelen Verlauf mit einem Tagestief zwischen 10—12^h und einem Tageshoch zwischen 16—18^h. Es ergab sich eine Variationsbreite von 20 bis 35 m. Anhand dieser Kurven wurden die zu verschiedenen Tageszeiten gemessenen Höhenwerte korrigiert. Diese einfache Korrektur war nur möglich, weil für Südost-Afghanistan eine Hochdruckwetterlage für das ganze Jahr — mit Ausnahme der Regenzeit — charakteristisch ist.

Orts- und Lokalitätsnamen wurden, wie bereits erwähnt, von den Bewohnern erfragt. Sämtliche Transkriptionen beruhen auf dem rein phonetischen Eindruck. Ortsnamen, die mit „Chan“ (= Herr) zusammenhängen, sind nur von kurzem Bestand und ändern sich jeweils mit der Einsetzung eines neuen Dorfältesten.

2.3. Geographische Lage des Arbeitsgebietes

Das Arbeitsgebiet umfaßt eine Fläche von ca. 1580 km². Seine geographische Lage wird durch den Schnittpunkt des 67. Grades östlicher Länge und des 32. Grades nördlicher Breite gekennzeichnet, der etwa 13 km südöstlich vom Hotel Kalat liegt³⁾. Die südöstliche Begrenzung ist durch das Sur Ghar Gebirge, die westliche durch einen NE — SW streichenden Höhenzug, den Pitau Ghar⁴⁾, gegeben. Die Nord- bzw. Südgrenze des Blattes Kalat liegt 8 km nördlich bzw. 30 km südlich von Kalat.

Kalat ist mit etwa 7—10 000 Einwohnern (nach HUMLUM 1959) der einzige größere Ort im Arbeitsgebiet und war der Ausgangspunkt aller Geländearbeiten. Er liegt etwa 130 km nordöstlich Kandahar, am Tarnak Rud⁵⁾, und ist auf der internationalen Straße Kabul — Herat in etwa 7—8 Stunden Fahrzeit von Kabul aus erreichbar (380 km). Politisch gehört Kalat zu der Provinz Kandahar.

²⁾ Kalat-i-Ghilzai wird im folgenden kurz „Kalat“ genannt.

³⁾ Diese Information wurde den Photomosaic-Indexsheets Nr. 3367 und 3267 der Fairchild Aerial Surveys entnommen.

⁴⁾ Ghar = Berg.

⁵⁾ Rud = Fluß.

Kalat hat als Garnison, als Sitz eines Sub-Gouverneurs und als Handelsplatz eine gewisse lokale Bedeutung. Von hier aus gehen Straßen sowohl in N — S-Richtung, Kandahar — Kabul als auch in E — W-Richtung nach Schinkai und Dawoasagai (bis zur pakistischen Grenze), nach Misan und zum Argandab Rud. Als einziger Ort in weitem Umkreis besitzt es ein Krankenhaus, Hotel, Postamt und eine Tankstelle.

2.4. Klima, Vegetation und Bevölkerung

Das Klima ist semiarid-kontinental: extrem heiße und trockene Sommer mit heftigen Staubstürmen und kalte Winter. HUMLUM (1959) gibt die mittleren Lufttemperaturen für Januar mit $0-6^{\circ}\text{C}$, für Juli mit $26-33^{\circ}\text{C}$ an. Selbstgemessene Lufttemperaturen lagen im Juni bei maximal 42°C . Niederschläge fallen in der Zeit von Ende Dezember bis März/April. Nach HUMLUM beträgt die jährliche Niederschlagsmenge 200—250 mm.

Diesen klimatischen Bedingungen entsprechend zeigt das Arbeitsgebiet Steppencharakter: der spärliche Bewuchs besteht überwiegend aus Hartgräsern, Kameldorn, Tamarisken und Disteln. Der Baumbestand — Maulbeeren und wilde Feigen — ist an kalkige Gesteine mit Spuren von Kluftwässern gebunden.

Die Dörfer und Dorfgemeinschaften liegen in Oasen in der Steppe, an Berg-rändern und entlang der Bachläufe. Sie bekommen das lebensnotwendige Wasser aus kleinen natürlichen Quellen, kleinen Stauseen und Tümpeln, die durch sogenannte „Kareze“ gespeist, gelegentlich aber auch in den trockenen Monaten von katastrophentypisch niedergehenden Regengüssen wieder aufgefüllt werden.

Ein gut durchdachtes Bewässerungssystem erlaubt eine maximale Ausnutzung des Wassers auf stufenartig angelegten Terrassenfeldern. Melonen, Weizen, Trauben, Aprikosen und Mandeln sind die wichtigsten landwirtschaftlichen Produkte. Neben der Landwirtschaft beschäftigen sich die Einwohner mit Schaf-, Esel- und Kamelzucht. Pferde sind relativ selten, da unwegsames Gelände und Wasserarmut ihre Verwendung stark einschränken.

Der Hauptteil der sesshaften Bevölkerung gehört zum Stamme der Chilzai. Minderheiten stellen die Stämme der Barakzai, Durrani und Hotaki. All diese Stämme gehören zum Volk der Paschtunen. Kleine hindustanische Enklaven sind heute nur noch dem Namen nach erkennbar. Der überwiegende Teil der Bevölkerung ist sunnitischen Bekenntnisses; seine Sprache ist Paschtu. Die Zahl und Stammeszugehörigkeit der vielen Nomaden, die das Gebiet alljährlich durchziehen, bleibt unbekannt. Lediglich Mitglieder des Nassari-Stammes beziehen gelegentlich feste Winterquartiere.

2.5. Morphologie und Aufschlußverhältnisse

Das Arbeitsgebiet hat einen einfachen morphologischen Aufbau (Taf. 7). Je ein NE — SW streichender Gebirgszug begrenzt die weite Tarnakebene, die in ihrem Mittelteil ein zentrales Gebirge enthält. Das westliche Gebirge, der steilaufragende Pitau Ghar, erreicht 2350 m, im Osten erhebt sich der Sur Ghar außerhalb Blatt Kalat bis 2700 m. Der zentral gelegene Manzanai Ghar gliedert sich in zahlreiche parallel laufende Höhenzüge, die maximal 2100 m erreichen. Er hat den Charakter eines Mittelgebirges, in dem vereinzelt steile Klippen auftreten. Nach NE taucht der Manzanai Ghar ab, wodurch sich die Zweiteilung des Tarnaktales im Norden auflöst. Die

Tarnakebene hat bei Burg Kalat eine Höhe von 1700 m (nach HUMLUM 1959) und fällt nach Südwesten stetig ab, im Südwestteil des Blattes Kalat liegt sie auf 1575 m.

Als recht auffällige morphologische Erscheinungen erheben sich aus der Tarnakebene häufig etwa 100 m hohe Schotter-Inselberge. Sie sind östlich und südlich von Kalat am schönsten ausgebildet.

Das ganze Gebiet ist von zahllosen und mannigfaltigen Trockentälern zerfurcht, gelegentlich vorhandenes Wasser fließt dem Tarnak zu.

Dank der spärlichen Vegetationsdecke sind die Aufschlußverhältnisse im Felsgebirge gut. An flachen Hängen und in Tälern sind die geologischen Verhältnisse oft durch intensive Schutt- und Blockbildung verschleiert. Die in gemäßigten Breiten wirkende Ausräumekraft des Wassers fällt fort, und die Gebirge versinken langsam in ihrem eigenen Schutt.

3. Schichtfolge

3.1. Allgemeine Charakteristik

Das Arbeitsgebiet liegt am NW-Rand der großen Belutschistan—Indus-Geosynklinale. Die Schichtfolge ist lückenhaft und enthält nur wenige Glieder. Ein prä-geosynklinaler Sockel wird von jüngeren Sedimenten und Ultrabasiten überlagert.

3.1.1. Prä-geosynklinaler kristalliner Sockel

Marmore, Quarz- und Granatphyllite sowie Hornblendeschiefer mit Quarziten herrschen vor. Untergeordnet treten Serizitschiefer auf.

3.1.2. Sedimentäre Auflagerung

Auf dem kristallinen Sockel lagern Kreideschichten des Barrême — Cenoman. Die fossilführenden Partien bestehen aus grauen gebankten Kalken mit gelegentlichen sandigen, mergeligen und brekziösen Einschaltungen. Die Vorkommen stehen in engem Zusammenhang mit Ophiolithen. Im oberen Teil des Profils treten in zunehmendem Maße weiße Massenkalk und fossilarme Riffkalk auf. Ophiolithe fehlen hier. Nach einer Schichtlücke folgen alttertiäre Schichten. Anstehendes fossilführendes Paleozän konnte nur außerhalb des Arbeitsgebietes nachgewiesen werden, Gerölle mit paleozänen Faunenresten wurden auch auf Blatt Kalat gefunden.

Das mächtige Untereozän liegt in zwei deutlich unterschiedenen Ausbildungen vor: schiefrige und kalkige Gesteine im Liegenden, die außerhalb Blatt Kalat ophiolitische Einschaltungen enthalten, und mächtige Sandsteine, Brekzien und Konglomerate im Hangenden.

Mächtige Schotter und Sande, die altersmäßig nicht genau einstuftbar waren, wurden in das Miozän/Pliozän gestellt. Sie bestehen neben fossilfreien Kalken überwiegend aus Kalkgeröllen mit wohlerhaltener eozäner Mikrofauna. Wie später noch näher ausgeführt wird, wurden vereinzelt auch vulkanische Gerölle gefunden. Außerhalb Blatt Kalat enthalten die Schotter vulkanische Sande.

Löß und Lehm überdecken weite Teile des untersuchten Gebietes.

Das schematische Säulenprofil (Abb. 3) zeigt die Schichtfolge im Kalater Gebiet. Beobachtungen aus angrenzenden Gebieten, die für die Schichtgliederung wichtig waren, zum Beispiel die ophiolithführende Zone des Untereozäns, sind berücksichtigt.

Die Verbreitung der im Text besprochenen Schichten ist aus der geologischen Karte (Taf. 8) zu ersehen.

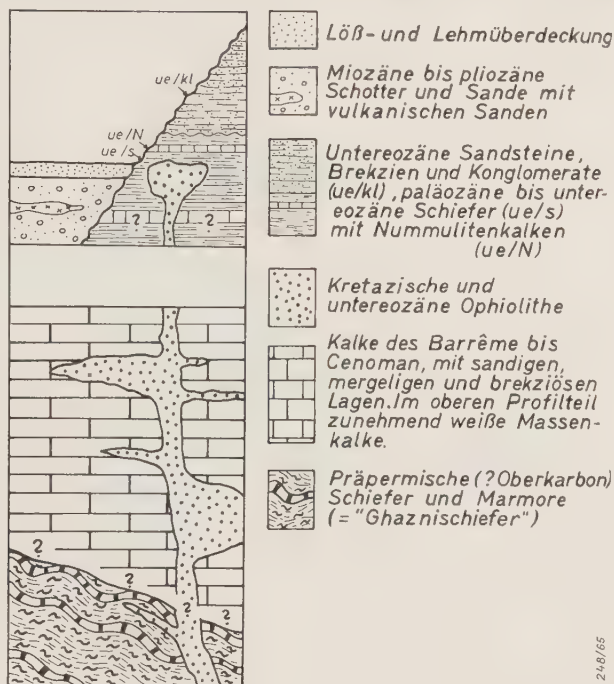


Abb. 3. Schematisches Säulenprofil der Schichtfolge auf Blatt Kalat.

3.2. Spezieller Teil

3.2.1. Metamorphe Serie

Das Hauptvorkommen der kristallinen Schiefer (Phyllite, Hornblendeschiefer und Quarzite) und der Marmore liegt im Westteil des Manzanai Ghar. Kleine und weniger bedeutsame Vorkommen metamorpher Gesteine sind zwei Inselberge, die sich ENE und WSW von Kalat aus den Tarnakschottern erheben.

3.2.1.1. Metamorphe Serie des Manzanai Ghar

Im Gebiet östlich und südlich Djelal Kalla ist die metamorphe Serie in mehreren tiefeingeschnittenen Schluchten gut aufgeschlossen und kann folgendermaßen gegliedert werden (Abb. 4):

Hangender Marmor, etwa 180 m mächtig	} etwa 300 m mächtig
Phyllite, granatführend	
Hornblendeschiefer mit Quarzit	
Phyllite und Serizitschiefer	
Liegender Marmor, etwa 150 m erschlossen	

Die Gliederung der zwischen den Marmoren liegenden kristallinen Schiefer wurde verschiedenen Teilprofilen entnommen. Für die einzelnen Partien dieser kristallinen Schiefer können keine Mächtigkeitsangaben gemacht werden, da große Teile ihrer Vorkommen von Hangschutt überdeckt sind und ihre Folge nirgends vollständig aufgeschlossen ist. Jedoch bietet ein Aufschluß in der Schlucht bei Aramscha einen Anhaltspunkt: Dort sind Hornblendeschiefer in einer Mächtigkeit von etwa 220 bis 250 m erschlossen.

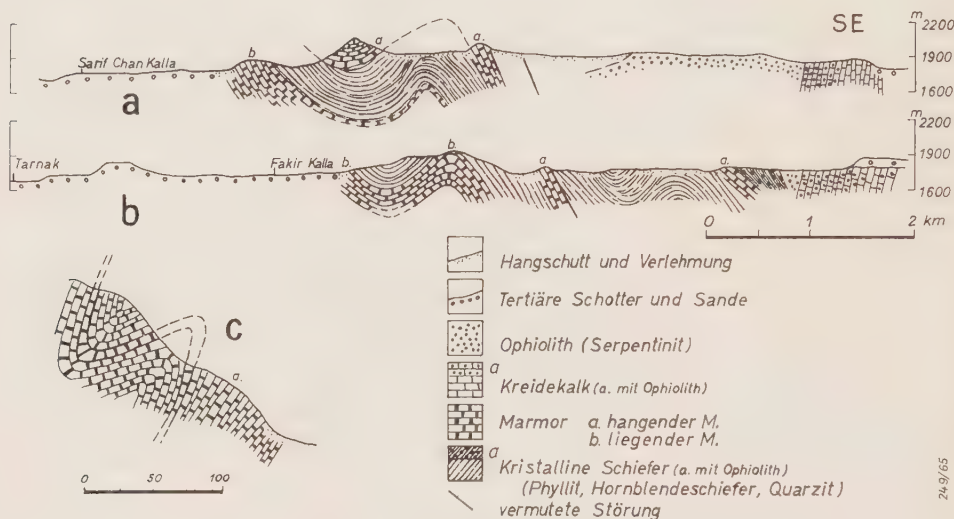


Abb. 4. Profile der metamorphen Serie am Manzanai Ghar.

- a) Profil Sarif Chan Kalla (3),
- b) Profil Fakir Kalla (4),
- c) Detailprofil (6).

3, 4 und 6 = Lage der Profile auf der geologischen Karte (Taf. 8). Der Abstand zwischen a) und b) beträgt ca. 3 km.

3.2.1.1.1. Marmor

Liegender und hangender Marmor lassen sich schon rein morphologisch leicht unterscheiden: Während der liegende Marmor sich auf unbedeutende, mit Marmortrümmern bedeckte Hügel beschränkt, baut der hangende Marmor hohe Grate und Bergrücken auf.

Der liegende Marmor ist ein rein weißes Karbonatgestein mit einer zuckerkörnigen Struktur. Der hangende Marmor zeigt eine deutliche Bänderung im Zentimeter- bis Dezimeter-Bereich: Dunkelgefärbte Partien in sandig-quarzitischer Ausbildung wechsellagern mit hellgrauen bis weißen Karbonaten.

Im Dünnschliff ist erkennbar, daß in den karbonatischen Anteilen des hangenden und liegenden Marmors feine und sehr grobkörnige Kalzite nebeneinander auftreten, z. T. sogar in demselben Schliff (Abb. 5 c). Quarzkörner und opake Mineralien sind feinverteilt oder lokal angereichert. Die zahlreichen Risse und Sprünge sind meistens durch Karbonate verheilt, gelegentlich kommen auch Quarz und Karbonat gemeinsam in solchen Klüften vor.

Die dunklen Bänder des hangenden Marmors (Abb. 5 a, b) erwiesen sich u. d. M. als quarzitisches Lagen, die geringe Reste von Karbonaten enthalten. Gelegentlich wurden durch Erz verheilte Brekzien beobachtet (Abb. 5 b).

Klüfte sind, ähnlich wie im reinen Karbonatgestein, von Quarzen und Karbonaten erfüllt.

Die erzmikroskopische Untersuchung der dunklen Bänder des hangenden Marmors zeigt, daß auf den S-Flächen (die zu der makroskopischen Bankung der Marmore

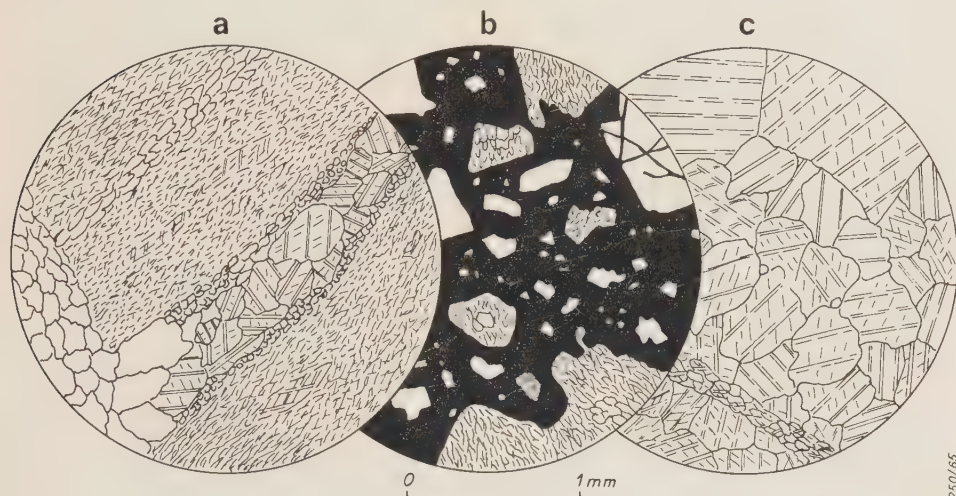


Abb. 5 a—c: Hangender Marmor (Schliffbilder).

- a) Sandig-quarzitische Lage. Ein feinkörniger Quarzit, in dem Spuren karbonatischen Materials enthalten sind. Die Sprünge sind teils durch groben Quarzit, teils durch Karbonat verheilt.
- b) Brekziöse Partie in quarzitischer Lage. Große Quarz- und Quarzitkörner sind durch Erz verkittet.
- c) Marmor. Die karbonatischen Partien der Marmore zeigen deutlich grobspätiges Material neben feinerem. Eingestreut vereinzelte Quarzkörner.

parallel verlaufen) Erze in unregelmäßiger lagiger Anordnung angereichert sind. Es handelt sich überwiegend um Magnetit, der eine deutliche Martitisierung nach den Oktaederflächen (111) zeigt. Der Magnetit ist stellenweise völlig durch Hämatit verdrängt.

3.2.1.1.2. Phyllit

Die Phyllite treten in morphologischen Depressionen auf, ihre Vorkommen sind unbedeutend und oft noch durch tonige und lehmige Verwitterungsprodukte verschleiert.

Die Phyllite zeigen im Handstück den typisch seidigen Glanz und enthalten Granate, die auch ohne Lupe erkennbar sind. Zwischen den Phylliten oberhalb und unterhalb der Hornblendeschiefer können keine grundlegenden Unterschiede festgestellt werden, jedoch scheint in den „hangenden Phylliten“ der Granatgehalt höher zu sein.

Im Dünnschliff (Abb. 6) zeigen die Phyllite eine sehr gute Einregelung der Minerale. Die Grundmasse besteht aus feinkörnigen, stark verzahnten Quarzen mit undu- löser Auslöschung. Eine feinkörnigere Komponente (0,07—0,12 mm) herrscht gegen- über einer größeren (0,3 mm) vor. Vereinzelt treten große Biotite, kleine Muskowit- und Chloritleisten sowie feinschuppiger Serizit auf. Vielfach durchziehen Erzsclieren das Gestein. Große, meist idiomorphe Granatkristalle (bis zu 1 mm) sind randlich zer- setzt und stellenweise in Chlorit umgewandelt. Ihre im Schliff blaßrosa Farbe sowie

die rostige Zersetzung der Körner längs Bruchlinien deutet auf ein Fe-haltiges, dem Almadin nahestehendes Mineral. Bemerkenswert ist die Felderteilung der Granatkristalle.

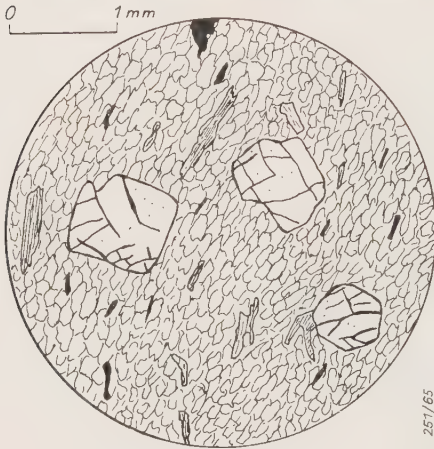


Abb. 6. Phyllit (Schliffbild).

Gemeinsam mit den Phylliten wurden vereinzelt Serizitschieferbrocken gefunden. Da es sich ausnahmslos um Lesesteine handelte, kann über Mächtigkeiten und Lage- rung nichts ausgesagt werden.

3.2.1.1.3. Hornblendeschiefer mit Quarziten

Die Hornblendeschiefer mit Quarziten bilden eine flache Hügellandschaft zwischen den Bergen des liegenden Marmors und den steilen Kämmen des hangenden Marmors. Tiefeingeschnittene Täler sind für sie cha- rakteristisch.

Makroskopisch zeigt das Gestein eine typische Helldunkel-Bänderung. Als dunkle Komponente sind die Hornblenden erkennbar; sie sind parallel den Schicht- flächen eingeregelt. Die Quarzite bilden helle Lagen, Linsen und Schlieren, die

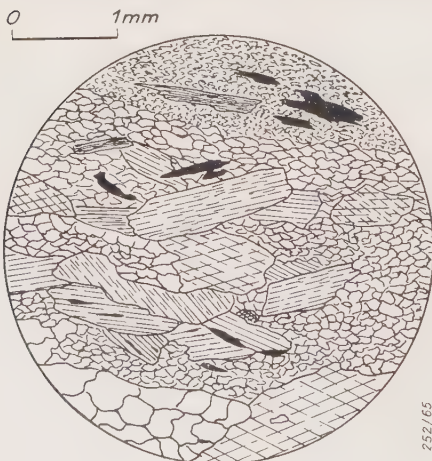


Abb. 7. Hornblendeschiefer (Schliffbild).

mikroskopisch klein sein, aber auch 50 cm mächtig werden können. U. d. M. (Abb. 7) erweisen sich die Hornblendenschiefer als stark pleochroitisch, vereinzelt treten Tremolit-Aktinolitnadeln auf. Die Hornblendenschiefer zeigen gegenüber den Quarzen stets ihre Eigenform. Sie durchdringen sich gegenseitig und sind nicht verbogen. Biotit und Vertreter der Chloritreihe (besonders Pennin) sowie (?) Granate und opake Mineralien sind selten.

Der quarzische Anteil der Hornblendeschiefer läßt sich u. d. M. (Abb. 8) folgendermaßen charakterisieren: Innig verzahnte, undulös auslöschende Quarze treten in drei deutlich verschiedenen Größen auf: 0,05 mm, 0,3—0,4 mm und 1 mm. Die Korngrenzen sind oft durch tonige Substanzen schlierig verschleiert. Vereinzelt finden sich Klinozoisit, kleine Plagioklase und stark verbogene Muskowitleisten. Die in dem Kristallaggregat auftretenden Zwickel sind mit Karbonaten und tonigen Substanzen erfüllt.

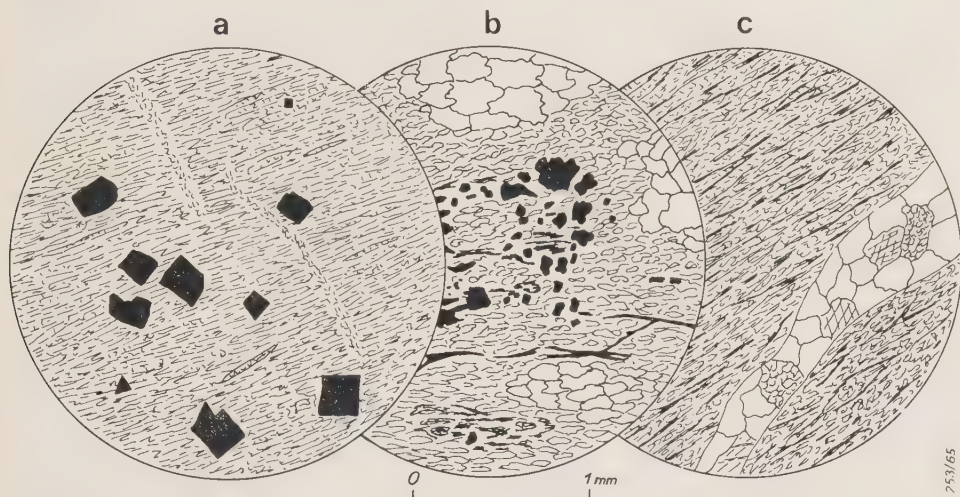


Abb. 8 a—c. Quarzit (Schliffbilder).

- a) Deutlich gestreckte, sehr feinkörnig-schlierige Quarzitaggregate, von zahlreichen verheilten Klüften durchsetzt. Idiomorphe Erzkristalle, postmetamorph gesproßt.
- b) Ähnlich a). Die quarzische Komponente zeigt grobes und feinkörniges Material. Erzausscheidung schlierig, lokal angereichert.
- c) Erzfremde Partie der Quarzite. Toniges Material an den Korngrenzen. Klüfte durch Quarz und Karbonat verheilt.

3.2.1.1.4. Edukte und Metamorphosegrad der kristallinen Schiefer und Marmore des Manzanai Ghar

Bei der Dünnschliffuntersuchung der kristallinen Schiefer und Marmore wurden weder in den Phylliten noch in den Hornblendeschiefern Relikte oder Reliktstrukturen von Tiefen- und Ergußgesteinen oder Tuffen gefunden. Die metamorphen Gesteine werden deshalb als Paragesteinsserie angesehen, die folgende Edukte haben: Die Phyllite sind das metamorphe Produkt von Tonen und Tonschiefern, für die Hornblendeschiefer kommen mergelige Kalke und Dolomite in Frage (nach PIRSSON & KNOPF 1956, LEITMEIER 1950 u. a. m.). Die liegenden Marmore entsprechen einem reinen

Kalkstein, während die Edukte des hangenden Marmors neben Kalk in zunehmendem Maße sandig-klastische Einlagerungen enthalten. Am Manzanai Ghar lag somit vor der Metamorphose eine Folge mergeliger, toniger, dolomitischer, kalkiger und sandig-kalkiger Gesteine vor.

Der Metamorphosegrad der Paragesteine ist epizonal, mit beginnendem Übergang zum mesozonalen. Er läßt sich aus dem Mineralbestand der Phyllite und Hornblendschiefer bestimmen.

Nach ESKOLA (in TURNER & VERHOOGEN 1951) sind die Phyllite und Hornblendeschiefer des Manzanai Ghar entsprechend ihrem Mineralbestand — Biotit, Chlorit und Al-freie Amphibole (= Tremolit-Aktinolit) — der „Grünschiefer-Fazies“ (= Epizone) zuzuordnen. Den beginnenden Übergang zu der nächsthöheren Metamorphosestufe — der Albit-Epidot-Amphibolit-Fazies — kennzeichnen Almadin und Al-haltige Hornblenden.

Im Kalater Bereich enthalten die Phyllite kleine, dem Almandin nahestehende Granate, die Hornblendeschiefer winzige fragliche Granate und Al-haltige Hornblenden. Die Phyllite und Hornblendeschiefer sind also nach dem Mineralgehalt zwischen ESKOLAS Grünschiefer- und Albit-Epidot-Amphibolit-Fazies zu stellen, was etwa gleichbedeutend ist mit „epizonal, mit beginnendem Übergang zur Mesozone“.

3.2.1.2. Metamorphe Serie ENE Kalat

Eine metamorphe Serie baut auch ENE Kalat einen isolierten Höhenzug und WSW Kalat einen Inselberg in der Tarnakebene auf. Beide Vorkommen sind morphologisch nicht bedeutsam. ENE Kalat ragt der Höhenzug maximal 150–200 m, WSW Kalat jedoch nur etwa 100 m über die Tarnakschotter hinaus.

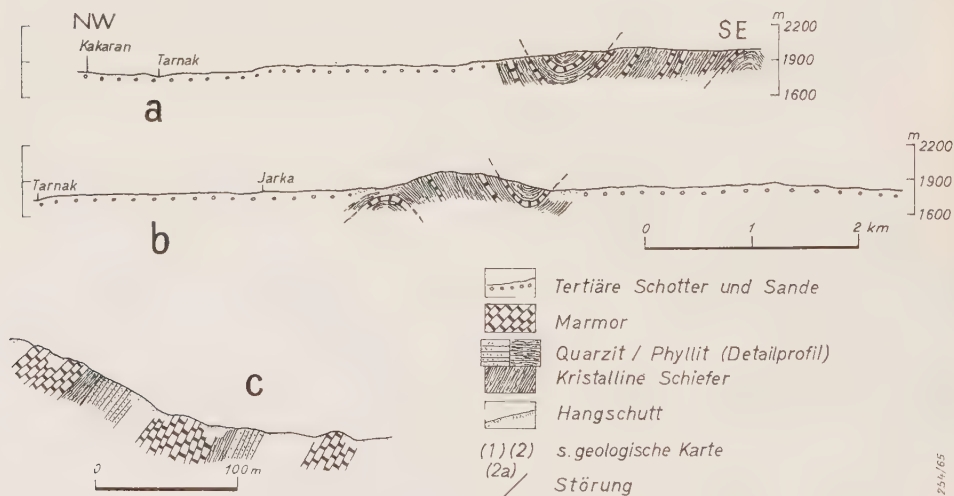


Abb. 9. Profile der metamorphen Serie ENE Kalat.

- a) Profil Kakaran (1),
- b) Profil Jarka (2),
- c) Detailprofil (2a).

1, 2 und 2a = Lage der Profile auf der geologischen Karte (Taf. 8). Der Abstand zwischen a) und b) beträgt ca. 3 km. Die Mächtigkeit der Marmorbänder der Profile a) und b) ist schematisch angedeutet.

Für diese metamorphe Serie (Abb. 9) konnte die am Manzanai Ghar aufgestellte Gliederung nicht übernommen werden, da diese Serie anders ausgebildet ist; es besteht eine Wechsellagerung (Abb. 9, Prof. 2 a) von Quarziten, Marmoren und — untergeordnet — Phylliten.

Die metamorphe Serie ENE und WSW Kalat unterscheidet sich von den Manzanai Ghar-Metamorphiten durch:

- a) Das Fehlen der Hornblendeschiefer.
- b) Eine bedeutend stärker ausgebildete quarzitisches Komponente. ENE Kalat treten Quarzitkonglomerate mit Gerölldurchmessern bis zu 30 cm auf.
- c) Ein starkes Zurücktreten der Marmore. Es fehlt die am Manzanai Ghar beobachtete Feinbänderung der Marmore.

Aus dem geologischen Kartenbild und der verschiedenartigen lithologisch-petrographischen Ausbildung wird deutlich, daß es sich um einen Teil der metamorphen Serie handelt, der am Manzanai Ghar nicht mehr erfaßt werden konnte. Mangels geeigneter Aufschlüsse kann allerdings nicht entschieden werden, ob die metamorphe Serie ENE und WSW Kalat stratigraphisch über oder unter den Manzanai-Ghar-Metamorphiten liegt.

Als Ausgangsgesteine kommen Sandsteine, Quarzkonglomerate und -brekzien und untergeordnet Kalke in Frage. Mergel und Dolomite fehlen.

Für die Metamorphite ENE und WSW Kalat wird aus Analogiegründen ein dem Manzanai Ghar entsprechender Metamorphosegrad — epi- bis mesozonal — angenommen.

3.2.1.3. Die regionale Stellung der Paragesteine und ihre Alterseinstufung

Die metamorphe Serie ist sicher älter als die ältesten durch Fossilfunde belegten Gesteine meines Arbeitsgebietes, die dem (? Unter)-Barrême angehören (s. 3.2.2.2.). Für eine präzisere Alterseinstufung der metamorphen Serie kann das benachbarte Arbeitsgebiet von GANSS (1959, 1961) herangezogen werden. Er beschreibt vom Altimurpaß (20 km nordwestl. Gardez, Abb. 1) das Liegende von oberpermischen Kalken als die „Ghazni-Schiefer“:

„graue, leicht verwitternde phyllitische Tonschiefer, mit gelegentlichen Übergängen in Glimmer- und Serizitschiefer. Verbreitet tritt Gangquarz und Granat auf. Den Schiefen von Ghazni sind zonenweise Marmore eingelagert, teils als dünne Bänder von wenigen Metern Dicke, teils als mächtige Marmorlager, die zahlreiche Gipfel über 3000 m Höhe aufbauen. Der oft schneeweiße Marmor geht durch zunehmenden Tongehalt in einen gebänderten Marmor über.“

Diese Beschreibung von GANSS zeigt die große lithologische Ähnlichkeit zwischen den „Ghazni-Schiefen“ und den „Kalater Metamorphiten“, die gleichfalls als eine Folge von Phylliten, reinen und gebänderten Marmoren und — untergeordnet — Serizitschiefen beschrieben wurde.

Außerdem läßt sich der geologisch-tektonischen Karte von SE-Afghanistan entnehmen, daß die Ghazni-Schiefer in der streichenden NE-Verlängerung der Kalater Metamorphite liegen. Es kann also angenommen werden, daß die Kalater metamorphe Serie das Äquivalent zu den Ghazni-Schiefen darstellt, die GANSS (1959) dem Oberkarbon zuordnen möchte. Das Metamorphikum von Kalat entspricht jenem von Ghazni, und gegen eine Altersgleichheit beider Serien liegen keine Gründe vor.

3.2.2. Kreide

3.2.2.1. Allgemeines und Verbreitung

Im Raum Kalat sind Kreidesedimente in zwei verschiedenen und stets scharf voneinander abgesetzten Ausbildungen weit verbreitet:

- a) Graue gebankte Kalke,
- b) Weiße Massenkalk.

Das westliche Gebirge, der Pitau Ghar, wird von mächtigen grauen und weißen Kreidekalken aufgebaut. Ein schematisches Übersichtsprofil (Abb. 10) außerhalb Blatt Kalat zeigt, daß sich die grauen Kalke weit nach Westen fortsetzen, sicher noch über den Argandab Rud hinaus.

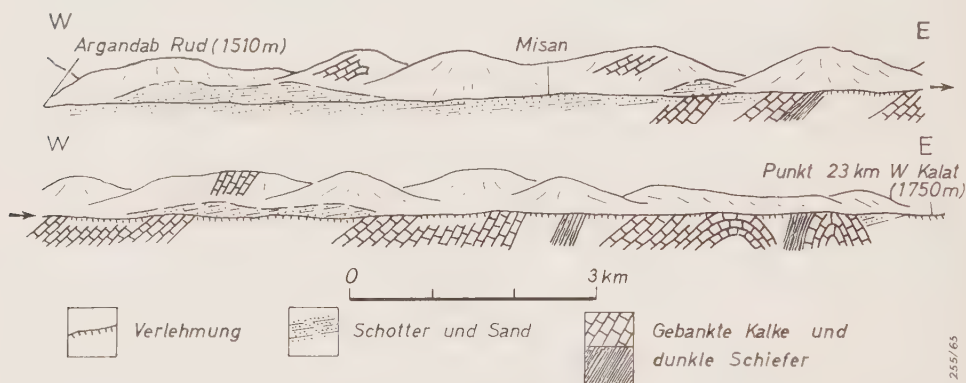


Abb. 10. Schematisches Übersichtsprofil westlich des Pitau Ghar bis zum Argandab Rud. (= Profil 10 der geologischen Karte Taf. 8.) Das Profil oben ist bei → unterbrochen und setzt sich im Profil unten bei → weiter fort.

Am Manzanai Ghar treten östlich der metamorphen Serie nur graue Kalke auf, die als NE — SW streichende scharfgratige Höhenzüge in Serpentinitten liegen. Kleine, flache Kalkrücken, die an mehreren Stellen östlich und westlich des Manzanai Ghar aus den Tarnakschottern aufragen, lassen vermuten, daß sich die Kalke zum Teil unter den Schottern fortsetzen (Taf. 7).

Am Pitau Ghar überlagern die weißen Massenkalken die grauen, gebankten Kalke (Taf. 7), gelegentlich kommen weiße Massenkalken auch als geringmächtige Einlagerungen in den grauen, gebankten Kalken vor.

3.2.2.2. Graue gebankte Kalke

3.2.2.2.1. Ausbildung

Die grauen gebankten Kalke erreichen am Pitau Ghar eine Mächtigkeit von 2500 m, am Manzanai Ghar etwa 700 m.

Diese Kalke sind ein dichtes Gestein, das durch eine Vielzahl von Eigenschaften gut charakterisiert ist:

1. Partienweise treten bituminöse Lagen auf.
2. Lagen eisenschüssiger, rostig verwitternder Sandsteine sind häufig. Sie kommen auf Schichtflächen vor und können am treffendsten als „perlschnurartig aneinandergereihte,

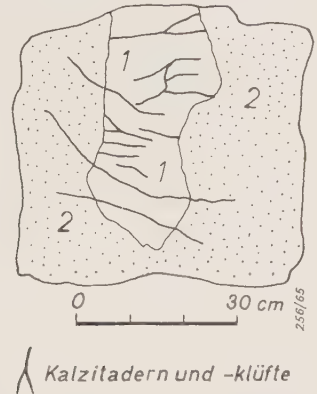


Abb. 11. Kalkbrechie.

1 = grauer Kalk, 2 = brauner sandiger Kalk.

⌋ Kalzitadern und -klüfte

unregelmäßig geformte Sandsteinknollen von maximal 10 cm Durchmesser“ beschrieben werden. Die Mächtigkeit der Kalke zwischen den Sandsteinlagen wechselt von einigen Zentimetern bis zu mehreren Metern. Die Sandsteinlagen konnten im Gelände in keinem Fall als Leithorizont verwendet werden.

3. Vereinzelt treten oolithische Lagen bis zu 50 cm Mächtigkeit auf.

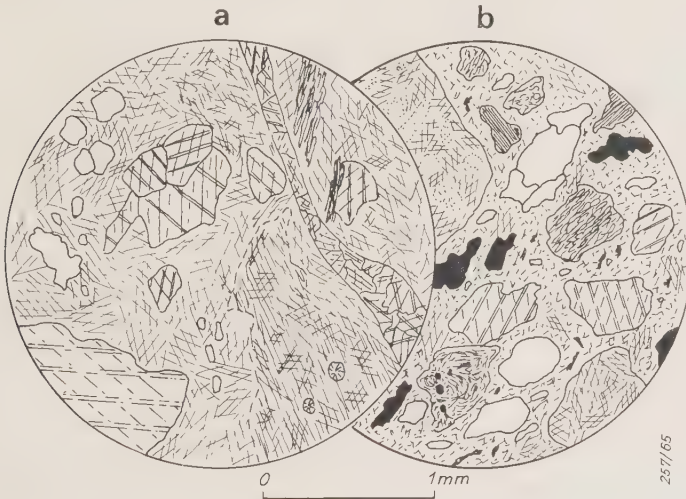


Abb. 12 a und b. Kreidekalk (Schliffbilder).

a) Die Grundmasse besteht aus einer karbonatischen Substanz mit toniger Komponente. Die Körner zeigen nicht immer scharfe Ränder. Vereinzelt treten größere, scharf umgrenzte Kalzitkristalle auf. Eingesprengt sind kleine (0,2 mm ϕ), mit Chalcedon gefüllte Drusen (? organischen Ursprungs) und Quarzkörner mit undulöser Auslöschung.

b) In den brekziösen Partien der Kalke konnten in einer sehr dichten karbonatischen Grundmasse folgende Komponenten bestimmt werden:

1. Überwiegend graue Kalke (entsprechend Abb. 12 a) mit fraglichen organischen Resten.
2. Häufig Kalzitkörner; Quarz- und Quarzitkörner.
3. Vereinzelte Schiefer- und Serpentinifetzen und opake Mineralien (Erz).

4. Sehr häufig sind sandige Linsen und Bänke zwischen 0 und 20 m Mächtigkeit. Im Gelände wurden diese sandigen Lagen dann als „Braune Zone“ ausgegliedert, wenn sie sich stellenweise als sehr fossilreich erwiesen. Von besonderem Interesse ist die „Braune Zone“ des Sig Ghar (Abb. 13 c), die eine Nerineenbank und eine guterhaltene Mikrofauna enthielt, die untersucht wurde.
5. Häufig sind synsedimentäre Kalkbrekzien, deren Bänke mehrere Zehnermeter mächtig sein können. Abb. 11 zeigt als typisches Beispiel einen grauen Kalkbrocken in braun-graue sandigen Kalk.
6. Der gesamte Gesteinskomplex ist von einem wirren Netzwerk kalzitischer Adern und Klüfte durchzogen, die sich besonders in den grauen Kalken häufen (Abb. 11).

Die Dünnschliffuntersuchungen der grauen Kalke lassen ein sehr gleichmäßig ausgebildetes Gestein erkennen. Die Abbildungen 12 a und 12 b z. B. zeigen die Schliffbilder eines „normalen“ grauen Kalkes (a) und einer brekziösen Partie innerhalb des Kalkes (b).

3.2.2.2. Fossilfunde und Alterseinstufung

In den grauen dichten Kalken waren datierbare Fossilfunde selten. Überwiegend bestanden die organischen Reste aus Muschelschill-Lagen mit vereinzelt stark rekrystallisierten, nicht bestimmbar Korallenresten und einer schlecht erhaltenen, nicht bestimmbar Mikrofauna.

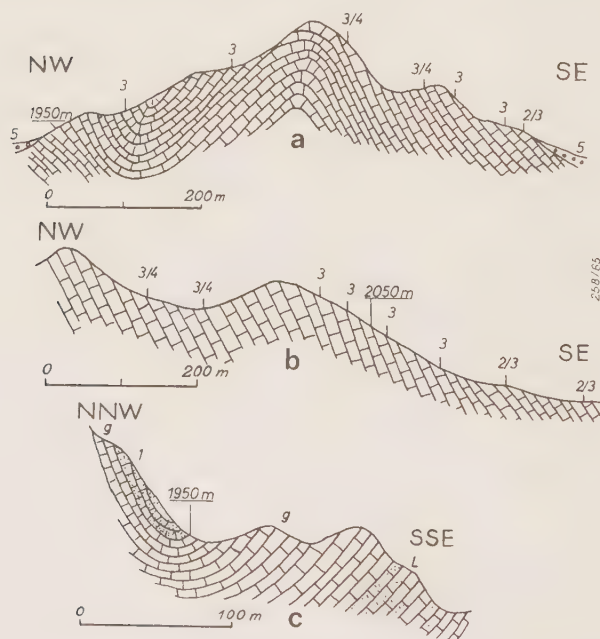


Abb. 13 a—c. Profile der fossilführenden Kreidekalke am Bolan und Sig Ghar.

a) und b) Profile am Bolan. Profil b) ist gegen a) um ca. 500 m nach NE versetzt, s. Profil 8 der geologischen Karte (Taf. 8),
c) Profil am Sig Ghar, s. Profil 7 der geologischen Karte (Taf. 8)

1 = Barrême. Hangende braune Zone mit *Pseudocyclammina lituus* und Nerineen.
2 = Apt. 3 = Alb.
4 = Cenoman. 5 = Jungtertiäre Schotter.
g = Graue gebankte Schillkalke mit Korallenresten.
L = Liegende braune Zone.

Die Fossilführung ist im wesentlichen auf die braunen, sandigen und oolithischen Partien der Kreidekalke beschränkt. Am Manzanai Ghar und besonders am Sig Ghar, der nördlichsten Fortsetzung des Manzanai Ghar, sowie am Bolan, einem Inselberg in den Schottern östlich des Manzanai Ghar, sind die sandigen und brekziösen Lagen der Kalke sehr fossilreich (Abb. 13 a—c).

Die wichtigste Fossilfundstelle liegt am Sig Ghar (Abb. 13 c) südöstlich Kalat. Paläontologisch-geologisch günstige Aufschlußverhältnisse wurden an der SE-Flanke des Sig Ghar angetroffen; nach NW zu sind die Kreidekalke von Serpentinitten durchdrungen. In den oolithischen und sandigen Kalken der „Hangenden Braunen Zone“ kommt *Pseudocyclammia lituus* des Barrême vor, konnte aber nicht isoliert werden. An dieser Fundstelle liegt eine maximal 3,5 m mächtige Linse mit einer starken Anreicherung von *Pseudocyclammia lituus*, die als Totengemeinschaft gedeutet wird.

Am Bolan (Abb. 13 a, b) kommen fast ausschließlich reine Orbitolinenkalke des Apt — Cenoman vor.

Die aufgefundenen Mikrofaunen wurden von M. KAEVER freundlicherweise bestimmt:

1. (? Unter-) Barrême bis Apt

Pseudocyclammia lituus YOKOHAMA

Dictyoconella complanata ? HENSON

Dictyoconella minima ? HENSON

Orbitolina cf. *trochus* (FRITSCH)

Orbitolina sp.

Korallenreste und Nerineen konnten wegen der starken Umkristallisation nicht bestimmt werden.

2. Grenzbereich Apt/Alb

Dictyoconus arabicus HENSON

Iraqia simplex HENSON

Orbitolina bulgarica (DESHAYES)

Orbitolina kurdica HENSON

Orbitolina lenticularis (BLUMENBACH)

Orbitolina aff. *kashmirica* SAHNI & SASTRI

Orbitolina discoidea delicata HENSON

Orbitolina sp.

Nicht bestimmbare Kalkalgen.

3. Alb

Dictyoconus arabicus HENSON

Dictyoconus sp.

Iraqia simplex HENSON

Orbitolina lenticularis (BLUMENBACH)

Orbitolina kurdica HENSON

Orbitolina discoidea delicata HENSON

Orbitolina aff. *kashmirica* SAHNI & SASTRI

Orbitolina bulgarica (DESHAYES)

4. Alb/Cenoman

Orbitolina concava senfi HENSON

Orbitolina discoidea GRAS

Orbitolina discoidea delicata HENSON

Orbitolina concava qatarica HENSON

Orbitolina sp.

Nicht bestimmbare Kalkalgen.

Außer Orbitolinen wurde bisher keine der angeführten Gattungen aus Afghanistan beschrieben. Durch das erstmalige Auffinden von *Pseudocyclammia lituus* mit der begleitenden Mikrofauna am Sig Ghar sind die ältesten paläontologisch belegten Schichten des südostafghanischen Raumes bekanntgeworden. *Pseudocyclammia lituus* wurde von YOKOYAMA (1890) und YABE & HANZAWA (1926) aus dem Fernen Osten

beschrieben; HENSON (1948) berichtet über Funde von *Pseudocyclammina lituus* aus dem Nahen Osten und MAYNC (1959) gibt mehrere Fundpunkte in Europa und Asien an.

Vergleiche der *Pseudocyclammina lituus* aus Afghanistan mit den von HENSON (1948) aus dem Nahen Osten beschriebenen Formen zeigen eine Übereinstimmung in den Gehäusemerkmalen und in der begleitenden Foraminiferenfauna.

Die meisten Exemplare von *Pseudocyclammina lituus* haben im Achsialschnitt den typisch taillierten Umriß. Formen, die in dieser Schnittebene einen ovalen Umriß haben, wie sie HENSON (1948) für die typische *Pseudocyclammina lituus* angibt, kommen nur untergeordnet vor. Untersuchungen über die Variationsbreite der afghanischen Formen ergaben ähnliche Ergebnisse, zu denen auch MAYNC (1959) bei seinen variationsstatistischen Betrachtungen gelangt. Lediglich sind die Exemplare dieser Art in Afghanistan, wie auch im Material von HENSON, im Durchschnitt etwas größer als die von MAYNC beschriebenen.

Bei dem afghanischen Material sind gewisse Merkmalsübergänge zu *Pseudocyclammina rugosa* (D'ORBIGNY) zu erkennen. Diese Eigenschaft macht besonders die engen Beziehungen zwischen den Formen in Afghanistan und dem Nahen Osten deutlich.

Die afghanischen Exemplare haben im Durchschnitt einen Durchmesser von 3,25 mm, die Dicke der Gehäuse beträgt im Zentrum 1,07 mm und nahe der Peripherie 1,24 mm. Fast immer sind 3—3,5 Umgänge sichtbar. Der Proloculus ist bei mikrosphärischen Exemplaren nicht mit der nötigen Sicherheit zu messen, bei megalosphärischen Formen hat er einen mittleren Durchmesser von 0,178 mm. Bemerkenswert ist noch der Einbau von reichlichem Fremdmaterial, vor allem juvenile Kleinforaminiferen, im Kammerinnern.

Nach HENSON (1948) kommt *Pseudocyclammina lituus* zusammen mit *Dictyoconus arabicus* HENSON vor, wie das auch bei dem hier beschriebenen Material der Fall ist. Zusätzlich fanden sich in den Proben von Sig Ghar *Orbitolina discoidea delicata* HENSON, *Orbitolina* cf. *trochus* (FRITSCH) sowie Formen, deren schlechte Erhaltung eine sichere Zuordnung zu *Dictyoconella complanata* HENSON und *Dictyoconella minima* HENSON nicht ermöglichte.

Auf Grund der Fossilfunde müssen die grauen gebankten Kalke des Kalater Raumes in den Zeitraum (? Unter-) Barrême bis Cenoman gestellt werden.

3.2.2.3. Weiße Massenkalk

Die weißen Massenkalken erreichen am Pitau Ghar eine maximale Mächtigkeit von etwa 1000 m. Sie bestehen überwiegend aus grobspätigen Karbonaten, gelegentlich treten geringmächtige (10—15 cm) sandige und eisenschüssige Lagen auf. Charakteristisch sind Fließwülste, die unruhige Sedimentationsbedingungen anzeigen.

Im Dünnschliff konnten neben den Karbonaten lediglich vereinzelte Quarzkörner beobachtet werden.

Die Fossilfunde in den Massenkalken waren spärlich. Es fanden sich nur vollkommen verquetschte und umkristallisierte, rudistenähnliche Gebilde, die nicht näher bestimmbar waren.

Solange nicht feststeht, ob diese Fossilreste mittelkretazische Rudisten oder oberkretazische Hippuriten sind⁶⁾, kann die Alterseinstufung nur nach lithologischen und regionalen Daten erfolgen.

Die Vorkommen der Massenkalken lassen sich vom Pitau Ghar aus auf Luftbildern etwa 120 km nach Nordosten und etwa 70 km nach Südwesten bis zu morphologischen

⁶⁾ Rudistenkalken der mittleren Kreide und oberkretazische Hippuritenkalken sind in Afghanistan und seinen Nachbargebieten weitverbreitet. Zwischen beiden treten oft fossilfreie Massenkalken auf (freundl. mündl. Mitt. Dr. D. WIRTZ, Kabul).

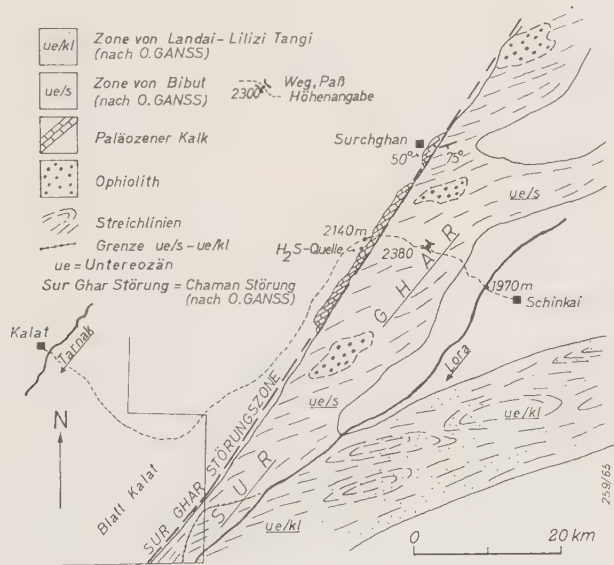
ähnlichen Kalkgebieten verfolgen, die durch Fossilien als Cenoman belegt sind. GANSS (1963) fand bei Mukur an einer Stelle Orbitolinen; nordöstlich Kandahar beschreibt GABERT (1961) weiße Orbitolinen-führende Massenkalk. Ebenso erwähnen GRIESBACH (1881, 1883) zwischen Kandahar und Quetta und WADIA (1957) bei Quetta kretazische „Hippuriten- und Rudistenkalke“, die lithologisch mit den fossilarmen Partien der weißen Massenkalk des Pitau Ghar große Ähnlichkeit aufweisen. Es besteht also eine gewisse Berechtigung, die Kalk vorläufig in das Cenoman zu stellen.

3.2.3. Tertiär

3.2.3.1. Allgemeines und Verbreitung

Alttertiär kommt im Arbeitsgebiet nur untergeordnet am Sur Ghar vor. Zur Deutung dieser Vorkommen mußten deshalb benachbarte Arbeitsgebiete herangezogen werden. Abb. 14 zeigt die Geologie des Bereiches östlich und nordöstlich Blatt Kalat nach Untersuchungen von GANSS (Blatt Mukur 1 : 125 000, 1963).

Abb. 14. Verbreitung des Alttertiärs auf Blatt Kalat und in den angrenzenden Gebieten.
Nach GANSS (1963) und eigenen Befunden.



Jungtertiäre Schotter und Sande des Miozän/Pliozän nehmen weite Flächen des Untersuchungsgebietes ein.

3.2.3.2. Paleozän

Anstehendes Paleozän wurde auf Blatt Kalat nicht gefunden, einige Gerölle aus dem Hangschutt des Sur Ghar östlich Moslimsai (s. Taf. 8) enthielten jedoch Fossilien des Paleozäns (Bestimmung M. KAEVER):

Discocyclus ranikotensis DAVIES
Distichoplax biserialis (DIETRICH).

Außerhalb des Arbeitsgebietes wurde anstehendes, fossilführendes Paleozän gefunden (Abb. 14): am Fuße des Sur Ghar kommt bei Surchghan ein schmaler Gesteinszug hellgrauer bis weißer Kalke vor. Folgende Fossilien wurden von M. KAEVER bestimmt:

Lepidocyclina punjabensis DAVIES
Operculina salsa DAVIES
Operculina jiwani DAVIES.

An diese paleozänen Kalke schließt diskordant — durch eine Störung getrennt — schiefriges, fossilarmes Untereozän (= „Urgunschiefer“ der Bibut-Zone nach GANSS 1963) an. Das Vorkommen liegt im Bereich der Sur-Ghar-Störungzone (= „Chaman-Störung“ nach GANSS 1963).

Das geringe Vorkommen von Paleozän kann folgende Gründe haben: In SE-Afghanistan ist das Paleozän sehr fossilarm, die Häufigkeit der Fossilfunde Paleozän und Eozän verhält sich wie 100 : 1 (freundl. mündl. Mitt. M. KAEVER). Es kann also durchaus möglich sein, daß noch Teile der fossilfreien, weitverbreiteten und mächtigen „Urgunschiefer“ zum Paleozän zu stellen sind. So könnten auch die östlich Surchghan anstehenden Urgunschiefer fossilfreies Paleozän darstellen.

Das Fehlen des Paleozäns auf Blatt Kalat läßt sich wahrscheinlich noch durch folgende Umstände erklären: Das Paleozän bei Surchghan liegt im Bereich der Sur-Ghar-Störungzone, ursprünglich vorhandenes Paleozän kann gegenüber dem Sur Ghar abgesunken sein. Weiter können Paleozänvorkommen unter jener mächtigen Hangschutt- und Schotterdecke verborgen sein, die sich an den Flanken des Sur Ghar hochzieht. Jedenfalls konnte ich Paleozängerroße im Hangschutt des Sur Ghar finden.

3.2.3.3. Untereozän

Die Verbreitung des anstehenden Untereozäns beschränkt sich auf den Sur Ghar, der im Südosten des Blattes Kalat gerade noch angeschnitten wird (Taf. 8 und Abb. 14).

Kalkgerölle mit untereozänen Faunen hingegen finden sich weitverbreitet in den jüngeren (mio-pliozänen) Schottern und Sanden des Tarnaktales.

Das Untereozän kann auf Blatt Kalat in zwei Einheiten gegliedert werden: Dunkle Urgunschiefer werden nach Südosten diskordant von einer sandig-klastischen Einheit überlagert. Diese Diskordanz kann nicht näher gedeutet werden, da auf Blatt Kalat die beiden Einheiten nur spärlich aufgeschlossen sind. Sie taucht nach Nordosten unter die Scholle des Lora-Tales ab (Abb. 14), so daß die beiden untereozänen Einheiten auseinandertreten. Nordöstlich des Blattes Kalat ist das Untereozän weit verbreitet.

GANSS stellte 1963 nordöstlich Kalat zwei lithologisch unterschiedene, durch das Lora-Tal getrennte Zonen des Untereozäns fest:

Der „Zone von Bibut“ (nach GANSS 1963) entsprechen die Urgunschiefer, der „Zone von Landai Lilizi Tangi“ (nach GANSS 1963) entspricht die sandig-klastische Einheit.

3.2.3.3.1. Urgunschiefer und Nummulitenkalke

Die Urgunschiefer (ue/s der Taf. 8 und Abb. 14) erreichen auf Blatt Kalat eine Mächtigkeit von etwa 1200 m. Sie sind schwarz-grün gefärbt, äußerst feinkörnig und

dicht; auch u. d. M. konnten keine Einzelheiten erkannt werden. Charakteristisch für die Urgunschieferzone ist das Vorkommen radiolaritähnlicher Kieselgesteine und vereinzelter bunter Mergellagen.

Außerhalb Blatt Kalat treten in den Urgunschiefern Ophiolithe auf (Abb. 14).

In den unteren Partien der Urgunschiefer findet man knollige, dann wieder gebankte bis massige, gelblich bis grau gefärbte, oft leicht bituminöse Nummulitenkalke (ue/N der Taf. 8), deren Mächtigkeiten im Untersuchungsgebiet maximal 40 m erreichen.

Die mikroskopische Untersuchung der Nummulitenkalke erbrachte eine reichhaltige, guterhaltene Mikrofauna, die M. KAEVER freundlicherweise bestimmte:

1. Untereozän

Assilina placentula (DESHAYES)

Assilina laminosa GILL

Assilina daviesi CIZANCOURT

Assilina lacunata CIZANCOURT

Discocyclina archiaci (SCHLUMBERGER)

Discocyclina sp.

Nummulites sp.

Operculina sp.

2. Mittleres Untereozän

Alveolina oblonga D'ORBIGNY

Alveolina lepidula SCHWAGER

Alveolina sp.

Nummulites dolloti CIZANCOURT

Nummulites globulus LEYMERIEI

Nummulites sp.

Orbitolites complanata LAMARCK

Opertorbitolites douvillei NUTTALL.

In den Proben des mittleren Untereozän wurden ferner rotaliide Foraminiferen, Miliolidae und nicht bestimmbar Kalklagen beobachtet.

Die gefundenen Faunen deuten auf eine warme Flachsee hin.

3.2.3.3.2. Sandig-klastisches Untereozän

Scharf abgesetzt und diskordant an die Urgunschiefer grenzend folgt das sandig-klastische Untereozän. In diesem Bereich fehlen Radiolarit- und Ophiolitheinschalungen, die klastischen Einlagerungen nehmen zu. Abb. 15 zeigt ein Profil außerhalb Blatt Kalat.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Einheit (ue/kl der Taf. 8) kann auf Blatt Kalat nicht erfaßt werden. Luftbilder der an Blatt Kalat anschließenden Gebiete zeigen, daß sich die Einheit ue/kl weit nach Osten und Nordosten fortsetzt.

Das sandig-klastische Untereozän besteht überwiegend aus groben Sandsteinen, Brekzien und Konglomeraten; vereinzelt sind Schiefer eingeschaltet, die jedoch, wie Dr. O. GANSS mir freundlicherweise mitteilte, nach Osten zu immer seltener werden.

Dünnschliffuntersuchungen der Sandsteine und Brekzien ergeben, daß beide Gesteine reichlich Quarz-, Quarzphyllit- und Quarzitkörner, Erzpartikel und chloriti-

sierte Schieferfetzen enthalten. Als Besonderheit zeigen die Brekzien Kreidekalke (mit dunklen ? organischen Relikten) und Diabase. In den Sandsteinen werden kleine Plagioklase und Muskowitleiten beobachtet, die in den Brekzien fehlen.

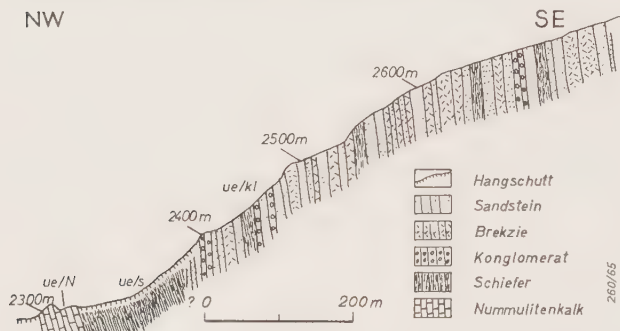


Abb. 15. Profil des sandig-klastischen Untereozäns am Sur Ghar (östlich Moslimsai); s. Profil 11 der geologischen Karte, Taf. 8.

Die Zwischenmasse besteht bei beiden Gesteinen aus einem äußerst feinkörnigen Gemisch toniger Substanz mit den oben genannten Komponenten, Karbonate füllen nur gelegentlich Zwickel in der Grundmasse.

Da das Alter der sandig-klastischen Einheit im Bereich Kalat mangels fossilführender Schichten nicht bestimmt werden kann, muß die Alterseinstufung auf Grund lithologischer Korrelation erfolgen. Fossilfunde in der klastischen Serie bei Urgun, die dem ue/kl des Sur Ghar entspricht, erlauben eine Einstufung in das Untereozän (freundl. mündl. Mitt. Dr. O. GANSS).

3.2.3.4. Regionale Stellung des Alttertiärs

Die gesamte Folge Paleozän — Eozän wird von GANSS als „Südost-afghanischer Flysch“ bezeichnet. Der Flysch ist nordöstlich und südöstlich von Kalat weit verbreitet und bildet (nach GANSS 1964) das Innere der „Belutschistan—Indus-Geosynklinale“ (s. Abb. 27). Randlich des Sedimentationsbeckens liegen Kalke und Schiefer, die von Ophiolithen durchsetzt sind. Das Auftreten der Ophiolithe deutet eine labile Randzone der Geosynklinale an (Abb. 14 u. 27).

Große Mächtigkeiten [GANSS (1959) gibt die maximale Gesamtmächtigkeit des Eozäns im Raume Ghazni—Gardez—Urgun mit „gegen 10 000 m“ an], eine äußerst monotone Gesteinsfolge mit Brekzien, Sandsteinen und Konglomeraten und eine auffallende Fossilarmut sind für das Alttertiär SE-Afghanistans charakteristisch.

3.2.3.5. Jungtertiäre Schotter und Sande (Miozän/Pliozän)

Als jüngste Ablagerungen treten im Gebiet Kalat mächtige Grobschotter und Sande auf (etwa 100 m erschlossen), die das Tarnaktal erfüllen und stellenweise tief in die Schluchten des Manzanai Ghar hineingreifen.

Morphologisch bedeutsam sind die Schotter lediglich südlich und östlich Kalat, wo sie Schotter-Inselberge bilden (Taf. 8).

Die Messung der barometrischen Höhenwerte entlang der Straße Kalat — Kandahar (Abb. 16) zeigt den stetigen Abfall der Tarnakebene nach Südwesten bis auf einen auffälligen scharfen Abbruch zwischen km 70 und km 80 südwestlich von Kalat. Wahrscheinlich kann dieser Abbruch als die von GABERT (1961) erfaßte „Registan-Randstörung“ gedeutet werden, die sich als tiefliegendes tektonisches Element durch die Tarnakschotter durchpaust. Leider war es zeitlich nicht möglich, diesem außerhalb der erwähnten Aufgabenstellung liegenden Problem weiter nachzugehen.

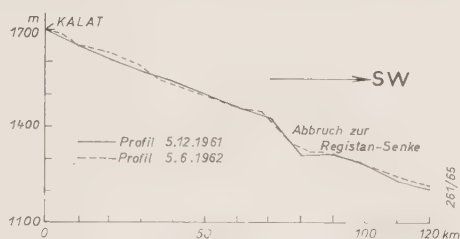
Schotter und Sande wechsellagern; laterale Variationen, wie linsige Ausbildung und Auskeilen von Horizonten, sind häufig.

Es konnte keine Schicht gefunden werden, die als durchziehender Leithorizont bei der Kartierung hätte verwendet werden können.

Nagelfluhartige Bildungen, die stellenweise 15 m Mächtigkeit erreichen, treten in verschiedenen Höhenlagen in den Schottern auf. An einigen guten Schotterauf-

Abb. 16. Abdachung der Tarnakebene nach SW.

Barometrische Höhenmessungen
an der Straße Kalat — Kandahar.
Entfernung Kalat — Kandahar ca. 130 km,
Kalat — Registan ca. 150 km.

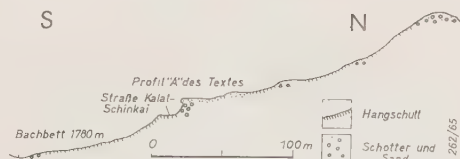


schlüssen im Südosten des Gebietes (östlich und westlich des Bolan) ist zu sehen, daß fast horizontal liegende Schotter und Sande von gleichartigen Schichten mit einer Winkeldiskordanz von maximal 60° unterlagert werden. Das deutet auf zwei verschiedene Schotterschüttungen.

3.2.3.5.1. Lithologische Zusammensetzung und Geröllgrößen

Die lithologische Ausbildung der Schotter ist sehr gleichmäßig, die Gerölle sind überwiegend Kalke.

Abb. 17. Profil der jungtertiären Schotter bei Kischane (Nord); s. Profil 9 der geologischen Karte (Taf. 8).



Folgende Gesteinstypen wurden in drei Schotteraufschlüssen südöstlich Kalat bestimmt:

- Überwiegend graue bis bräunliche sandige (Kreide ?-) Kalke und untereozäne Nummulitenkalke,
- Häufig braune oolithische Sandsteine und Kalkbrekzien,
- Selten Quarze, Kieselkalke und radiolaritähnliche Gesteine und Schiefer.

Als Zwischenmittel liegt ein mittel- bis grobkörniger Sand mit Feinsandbändern und Ton- und Mergelbutzen vor.

Das Profil der Schotter bei Kischane (Nord) kann als ein repräsentatives Beispiel für die Geröllgrößenverteilung innerhalb der Schotter gelten (Abb. 17):

Profil „A“ der Abb. 21	1875 m	Den Gipfel des Hügels bilden lose Gerölle. Die durchschnittlichen Gerölldurchmesser liegen bei 19 cm, die maximalen bei 34 cm.
	1870 m	Hangschutt mit durchschnittlichen Geröllgrößen bis zu 5 cm. Anstehend wurden vereinzelte, kalkig verbackene Sandsteinbänke von 0,5 bis 1 m Mächtigkeit beobachtet. Sie enthalten reichlich Kiesschnüre.
	1820 m	1,5 m mächtige Nagelfluhbank. 2 m Schotter mit deutlich eingeregelteten Geröllen, die ein leichtes Einfallen nach Westen zeigen. 0,2 m Feinsand. 4,3 m Schotter. Der mittlere Gerölldurchmesser liegt bei 4,8 cm, das Maximum bei 17 cm.
	1812 m	Hangschuttbedeckung, kein Anstehendes.
	1780 m	Bachbett bei Kischane. Die Ufer zeigen etwa 1 m Grobsande und Schotter mit maximalen Gerölldurchmessern bis zu 5 cm.

Vereinzelte wurden in den Schottern Gerölle gefunden, die im Raume Kalat kein anstehendes Äquivalent haben. Petrographische Untersuchungen ergaben, daß es sich um einen augitarmen Hyalo-Basalt (Abb. 18) und ein labradorporphyr-ähnliches Gestein (Abb. 19) handelt.



Abb. 18. Hyalo-Basalt (Schliffbild).

In einer Grundmasse (Abb. 18), die z. T. aus winzigen Plagioklasen und Pyroxenen besteht, z. T. jedoch submikroskopisch bis glasig-dicht ist, finden sich die folgenden porphyrischen Komponenten:

Etwa 50 % idiomorphe Plagioklase (An 72—75 % = saurer Bytownit), stark verzwilligt (nach Albit-, Periklin- und Karlsbader Gesetz) und mit Zonarbau. Die Plagioklase sind randlich und auf Bruchlinien zersetzt.

Etwa 25 % Klinopyroxen (Augit), z. T. zerbrochen, z. T. Eigenformen mit gerundeten Korngrenzen zeigend. Gelegentlich treten kleine Pyroxene als Haufwerk auf.

Basaltische Hornblende wird randlich von opakem Material (Magnetit) umgeben.

Nach TRÖGER (1935) handelt es sich um Hyalo-Basalt.

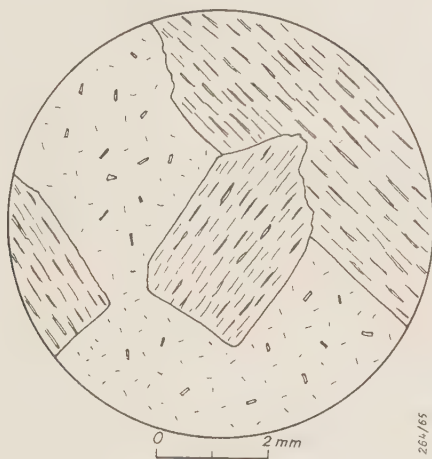


Abb. 19. „Labradorporphyrit“ (Schliffbild).

Das porphyrische Gefüge des „Labradorporphyrits“ (Abb. 19) ist bedeutend stärker ausgeprägt als bei dem Hyalo-Basalt Abb. 18: die großen Plagioklaseinsprenglinge erreichen im Handstück bis zu 4 cm Kantenlänge.

U. d. M. konnte ein An-Gehalt von 55 bis 60 % festgestellt werden. Die Plagioklase sind stark saussuritisiert (Zoisit, Serizit, Chlorit).

In der überwiegend glasigen Grundmasse wurden Chlorite der Pennin- und ? Prochlorit-reihe, winzige Plagioklase und Leukoxen beobachtet. Nach TRÖGER (1935) handelt es sich um Labradorporphyrit.

Ferner wurden in den in den Schottern, etwa 45 km südwestlich Kalat, Einlagerungen vulkanischer Sande von maximal 1,5 m Mächtigkeit gefunden. GANSS (1963) beschreibt bei Mukur, nördlich Kalat, ähnliche Vorkommen.

Die petrographische Untersuchung der Tuffe zeigt in einer karbonatischen Matrix folgende Komponenten: Der überwiegende Anteil der Körner besteht aus kantigen (teilweise schwach gerundeten) Quarzen. Vereinzelt treten Muskowitbutzen, chloritisierte Biotitleisten, gerundete mikrokristalline Hornsteinbrocken auf; ferner Bruchstücke eines quarzitischen Sandsteins, ? Zoisitbruchstücke und ? Zirkone.

Wichtig für die Charakterisierung des Gesteins sind die Feldspäte. Sehr häufig sind Mikrokline. Die Plagioklase weisen einen An-Gehalt von 45 % auf.

Nördlich des Sig Char wurden in den Schottern Süßwasserkalke mit nicht bestimmbar Algenresten gefunden.

Die lithologische Zusammensetzung der Schotter gibt einen Hinweis auf die Einzugsgebiete der jungtertiären Schüttung: Graue Kalke, Kalkbrekzien, sandige und oolithische Gesteine stammen aus der Kreideserie des Manzanai Ghar, vergrünte Schiefer und Sandsteine sowie häufige Nummulitenkalkgerölle aus dem Untereozän, Kieselkalke und radiolaritähnliche Gesteine aus der Ophiolithzone nordöstlich Kalat.

Hyalo-Basalte, „Labradorporphyrite“ und vulkanische Sande werden als Zeugen eines tertiären Eruptionszyklus angesehen, dessen Ausbruchstellen außerhalb Blatt Kalat liegen.

Ferner sei erwähnt, daß nach den bisherigen Untersuchungen westlich des Tarnak keine fossilführenden Eozängerölle gefunden wurden. Es ist möglich, daß der Tarnak zur Zeit der Schotterschüttung bereits als Rinne existierte, so daß der Abtragungsschutt des östlichen Eozägebirges sich nicht westlich der „Tarnakrinne“ ablagern konnte.

3.2.3.5.2. Alter der Schotter und Sande

Das Alter der Schotterserie auf Blatt Kalat ist wegen fehlender Fossilien nicht näher bestimmbar.

In Anlehnung an GANSS (1963) werden die grobklastischen Ablagerungen des Raumes Mukur — Kalat — Kandahar in das ? Miozän/Pliozän gestellt und als zeitliche Äquivalente der indo-pakistanischen „Siwaliks“ angesehen, die WADIA (1957) als eine durch Säugetierreste gut belegte Mittelmiozän/Pliozän-Schotterfolge beschreibt.

3.2.4. Ophiolithe (Serpentinite und Diabase) Kreide bis Alttertiär

3.2.4.1. Allgemeine Bemerkungen

Zunächst sei kurz skizziert, was in dieser Arbeit unter „Ophiolith“, „Serpentinit“ und „Diabas“ zu verstehen ist, da die Begriffe in der Literatur nicht einheitlich angewendet werden.

Ophiolithe seien — ganz allgemein und weitgefaßt — die durch eine Orogenese metamorphisierten und vergrünten basischen und ultrabasischen Ergüsse oder seichten Intrusionen des geosynklinalen Initialvulkanismus. Sie setzen sich zusammen aus Serpentiniten, die aus Gesteinen der Gabbro- und Peridotitreihe hervorgingen, und Diabasen als effusiven Äquivalenten der Gabbroreihe, ohne daß eine Altersaussage gegeben wird. Bestimmend für die Bezeichnung „Diabas“ sollen Mineralbestand, ophitische Struktur und die Lagerungsverhältnisse sein. (Anwendung des Begriffes im Sinne der englischen Nomenklatur nach TRÖGER 1935.)

3.2.4.2. Kartierung und Verbreitung

Die Kartierung der Ophiolithvorkommen erwies sich als äußerst schwierig, da Verwitterungskrusten hiervon weite Teile überdecken und eine tiefgründige Verlehmung das Gestein längs Sprüngen und Klüften zersetzt. Frisches Probenmaterial war nur schwer zu finden. Soweit möglich, wurden Diabase und Serpentinite gesondert ausgegliedert.

Die Ophiolithe treten östlich und südöstlich der kristallinen Schiefer und Marmore des Manzanai Ghar auf (Taf. 8) und sind längs NE — SW streichenden Linien angeordnet. Am Manzanai Ghar bilden sie ein flaches Hügelland zwischen teilweise steil aufragenden Kreidekalkklippen; morphologisch bedeutsamer ist der Borgana, ein aus Diabasen aufgebauter Inselberg in den Schottern.

Am Manzanai Ghar treten Serpentinite und Diabase in engem Zusammenhang auf. Größere Serpentinikörper werden von Linsen und Schlieren diabasischen Materials durchsetzt, zum Teil können Diabasvorkommen Serpentinite umschließen.

In der Umgebung von Kischane (Süd) sind den Serpentiniten linsige Diabaskörper von maximal 700 m Länge und 50—80 m Breite eingelagert, die dem Regionalstreichen (60°—70°) folgen. An einer Stelle zwischen den beiden Ortsteilen Kischane (S) zeigt sich diese Durchsetzung besonders deutlich: Diabase haben die Serpentinite durchschlagen und bilden Kissenstrukturen von maximal 45 cm Durchmesser. Westlich und südwestlich Nurmamat verändern sich die Verhältnisse: Jetzt erscheinen fast ausschließlich Diabase mit vereinzelt Einschaltungen von Serpentiniten.

Am Borgana fehlen die Serpentine. In den Diabasen kommen zahlreiche geringmächtige (5—10 m) Quarzit- und Marmorrippen vor, die sich 1—2 km verfolgen lassen und 60° — 70° streichen. Sie werden von mir als Paragesteine gedeutet, die beim Aufdringen der Diabase mit hochgeschleppt wurden. Auf dem Luftbild täuschen diese Rippen eine großräumige Bankung der Diabase vor.

Damit ergibt sich die folgende regionale Verteilung der Ophiolithe quer zum weitaushaltenden NE—SW-Streichen: Im Nordwesten liegen überwiegend Serpentine, nach Südosten werden die Diabase häufiger, bis am Borgana die Serpentine völlig fehlen.

3.2.4.3. Petrographie

Makroskopisch sind die Serpentine durch eine licht- bis schwarzgrüne Farbe charakterisiert. Zahllose, durch faseriges Serpentinmaterial verheilte Klüfte und Sprünge durchziehen das Gestein.

Die gleichermaßen schwarzgrün gefärbten Diabase zeigen auf Klüften eine schwache Serpentinisierung. Außer den bereits erwähnten Paragesteinsrelikten sind Kieselschiefer und radiolaritähnliche Gesteine als Rippen (von einigen Zentimetern bis Dezimeter mächtig) und Gerölle häufig anzutreffen.

Die Dünnschliffuntersuchungen ergaben, daß sowohl Serpentine und Diabase als auch Durchmischungen beider Gesteinstypen vorliegen. Damit wird der makroskopische Feldbefund bestätigt.

a) Serpentin

Alle untersuchten Serpentinproben zeigen übereinstimmend und fast ausschließlich Maschenserpentin (Abb. 20 a, b), der aus fast reinem Antigorit besteht. Chrysotil ist relativ selten und auf Äderchen beschränkt.

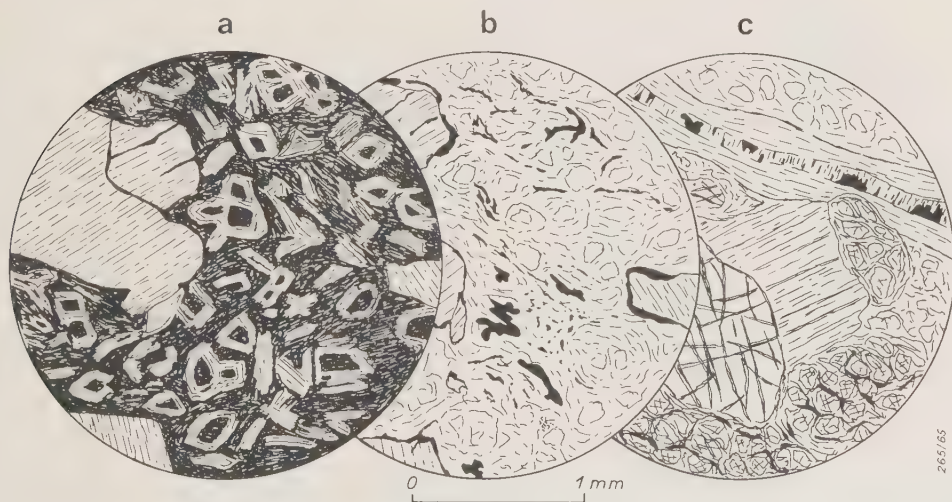


Abb. 20 a—c. Serpentin (Schliffbilder).

- a) Maschenserpentin, gekreuzte Nikols;
- b) Maschenserpentin, nur Polarisator;
- c) Serpentinisierter „Harzburgit“.

Große Teile des Maschenserpentins werden von einer amorphen und isotropen Antigoritphase eingenommen, die für den Übergang von Olivin zu Antigorit typisch ist (Abb. 20 a). Daneben gibt es große flächige Antigoritkristalle (pseudomorph nach ? Olivin). In ihnen sind kleine Einschlüsse von feinschuppigen Antigoritaggregaten charakteristisch. Auffällig ist die Erzanreicherung im Bereich des Maschenserpentins, während die großflächigen Antigoritpartien fast erzfrei sind (Abb. 20 b).

Neben dem reinen Antigoritserpentin gibt es sehr olivin- und pyroxenhaltige Partien (Abb. 20 c). Der Olivin erweist sich als eine Fe-reiche Varietät, die Pyroxene sind meist Orthopyroxene (Bronzit). Abb. 20 c zeigt große Olivine, daneben ein Haufwerk kleinerer Olivine, die bereits beginnende Antigoritbildung zeigen. Eine Chrysotilader durchzieht den Schliff.

Betrachtet man die Olivine und Pyroxene als Relikte des ursprünglichen Gesteins, so kann als Edukt ein dem Harzburgit ähnliches Gestein angenommen werden.

b) Diabas

Die Diabase zeigen das typische ophitische Gefüge. Große Plagioklase (An 70—75 %) sind mit Zoisit durchsetzt (saussuritisiert, Abb. 21 b). Die Orthopyroxene werden homoachsal durch Hornblenden verdrängt (uralitisiert, Abb. 21 a). Verschiedentlich sind Entmischungskörper Magnetit — Ilmenit vorhanden (Leukoxenbildung).

Partienweise besteht das Gestein aus glasig-isotropem Material mit Entmischungs- und Entglasungserscheinungen. Lagenweise angeordnete Glastropfen machen eine Fließtextur im Gestein deutlich.

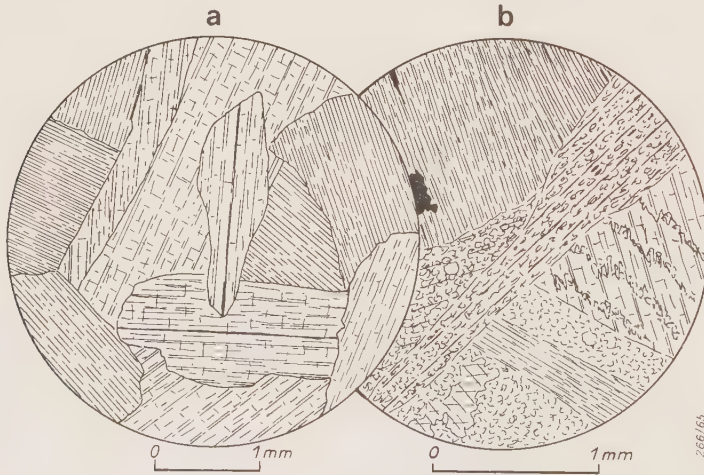


Abb. 21 a und b. Diabas (Schliffbilder).

a) Plagioklase und uralitisierte Hornblenden,

b) ähnlich a), jedoch mit starker Saussuritisierung.

Schwarz = Entmischungskörper (Magnetit — Ilmenit).

c) Durchmischungsgestein (Serpentinit/Diabas)

Die Durchmischungsgesteine Serpentinit/Diabas zeigen neben dem typischen Maschenserpentin kleine leistenförmige Plagioklase, die ein sperriges ophitisches Gefüge bilden.

d) Diabase und Sedimentgesteine

Eine quarzitisches Rippe in den Diabasen des Borgana zeigt Relikte des sedimentären Ursprungsgesteins (Abb. 22).

Die Quarzkörner bilden eine Pflasterstruktur, sie sind deutlich verzahnt und zeigen undulose Auslöschung.

Die reichlich vorhandenen idiomorphen Plagioklase sind teilweise serizitisiert. Chlorite der Penninreihe, Klinozoisit, Muskowitleisten und Erzkörner kommen vor. Nicht näher bestimmbare Chloritbutzen werden als umgewandelte Pyroxene gedeutet.

Abb. 22. Quarzitische Lage in Diabas
(Schliffbild).



Am Manzanai Ghar besteht eine Kalk/Ophiolith-Wechsellagerung. Abb. 23 zeigt eine Probe aus den Diabasen: Große Kalzitaggregate (im Handstück bis zu mehreren Dezimetern) liegen in einer äußerst feinkörnigen Diabasgrundmasse; leistenförmige, saussuritisierte und verzwilligte Plagioklase bilden ein ophitisches Gefüge, wobei die ? Pyroxene völlig in ein dichtes, u. d. M. nicht mehr auflösbares Material (z. T. sicher Chlorit) umgewandelt sind.

Abb. 23. Kalk/Diabas-Gestein
(Schliffbild).



e) Erzgehalt der Ophiolithe

Von fünf Ophiolithproben, die sich im Dünnschliff als besonders reich an opaken Bestandteilen erwiesen, wurden erzmikroskopische Präparate angefertigt, die folgende Erze enthalten:

Chromspinelle („Chromit“)

Magnetit

außerdem nicht näher bestimmte Sulfide.

In den meisten Erzkörnern kommt als dunkler, lappiger Kern ein Chromspinell vor; er zeigt massenhaft rotbraune Innenreflexe, was auf einen dem Picotit nahestehenden Mg-Al-reichen Chromspinell (nach RAMDOHR 1960) weist. Der dunkle Kern wird gelegentlich von einem helleren Chromspinell umgeben und randlich schließlich von Magnetit umhüllt.

Der Magnetit ist unregelmäßig im Gestein verteilt: Er tritt in einzelnen kleinen idiomorphen Körnern auf oder bildet große Erzhaufen. Gelegentlich sind Risse und Sprünge mit Magnetit verheilt. Der Magnetit ist stark martitisiert, sowohl unregelmäßig vom Rande und von den Rissen her, als auch orientiert nach den Oktaederflächen (111).

3.2.4.4. Lagerungsverhältnisse der Ophiolithe

Im Raume Kalat treten die Ophiolithe sowohl im Verband mit der metamorphen Serie, als auch mit den Kreidekalken auf. Außerhalb Blatt Kalat wurden Ophiolithe im Alttertiär beobachtet.

3.2.4.4.1. Ophiolithe und metamorphe Serie

In einem weiten Talkessel, 2 km nordwestlich Adjanai, werden kristalline Schiefer und Marmore von Ophiolithen (überwiegend Serpentiniten) sowohl durchädert, als auch lagergangartig intrudiert. Die stark vergrüneten und chloritisierten Hornblendschiefer und Quarzite treten als maximal 3—4 m mächtige Rippen in den Serpentiniten auf. Es wurde bei der Kartierung darauf verzichtet, die einzelnen Schichtglieder zu trennen.

Eine ähnliche Durchädertung zeigen die Marmore, die heute als Ophikalzite vorliegen. NNW Babosi tritt ein Streifen Ophikalzit in einer Ausbißbreite von 30 bis 100 m und einer streichenden Erstreckung von fast 2,5 km auf. In einem Aufschluß 6 km südöstlich Kischane (Süd) „schwimmen“ Ophikalzitschollen (von etwa 2×5 m Ausdehnung) in Serpentiniten.

Die karbonatischen Anteile der Ophikalzite zeigen makroskopisch wenige Millimeter- bis Zentimeter-dicke Serpentinadern, die das ursprüngliche Schichtgefüge der Marmore nachzeichnen.

Es besteht nach den feldgeologischen Beobachtungen kein Zweifel, daß die basischen Gesteine randlich in die metamorphe Serie intrudierten, wobei der Intrusionsmechanismus als ein „Aufblättern der Schichtfolge durch Magmenschübe mit lagerhaftem Charakter“ gedeutet werden kann (im Sinne von BURRI & NIGGLI 1945).

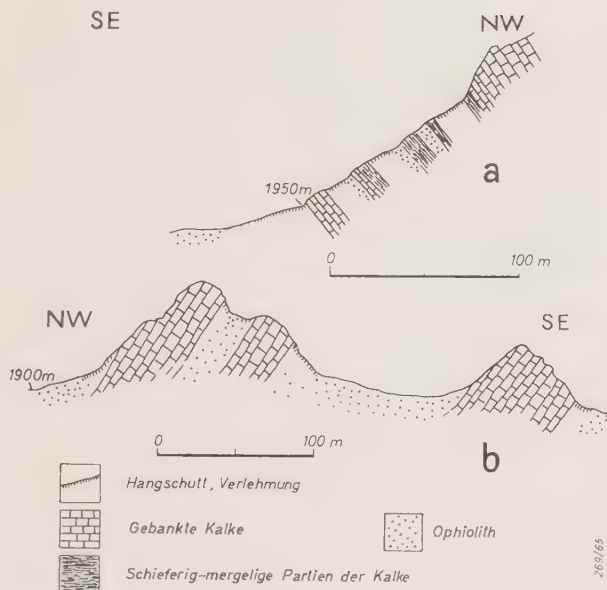
3.2.4.4.2. Ophiolithe und Kreidekalke

Die Lagerungsverhältnisse Ophiolith/Kreidekalk sind allgemein durch Erscheinungen, wie sie Abb. 24 b) zeigt, gekennzeichnet: Serpentinite erfüllen die Senken zwischen den steilen Kalkgraten. Eine randliche kontaktmetamorphe Beeinflussung ist nicht vorhanden, es handelt sich um tektonische Kontakte (Verschuppung ?). An mehreren Stellen enthalten meterbreite Kalkklippen in den Serpentiniten eine gut-erhaltene kretazische Mikrofauna.

Westlich Adjanai, (5) der Tafel 8, zeigen die Ophiolithe und Kreidekalke eine echte Wechsellagerung. Dieses „lit — par — lit“ (Abb. 24 a) wird durch eine geringmächtige (maximal 40 cm) kontaktmetamorphe Zone bestätigt: Die mergeligen Kalke

zeigen randliche Umwandlung in Griffel- und Fleckschiefer. Verschiedentlich wurden in den Ophiolithen Kalkbrocken und -schlieren als Relikte der Kreidekalke gefunden (s. auch Abb. 23).

Abb. 24 a und b. Ophiolithe und Kreidekalke am Manzanai Ghar; s. Profil 5 der geologischen Karte (Taf. 8).



3.2.4.4.3. Ophiolithe des Borgana

Ohne direkten Kontakt zu benachbarten datierbaren Gesteinen stehen die Diabase des Borgana. Am NW-Rand des Borgana kommen kleine fossilführende Kreidekalkrippen vor, die durch einen etwa 150 m breiten Schotterstreifen vom Borgana getrennt sind.

Petrographisch lassen sich die Diabase des Borgana den Ophiolithen westlich Nurmamat, am Manzanai Ghar, gleichsetzen.

3.2.4.4.4. Ophiolithe und Alttertiär

Im Bereich des Alttertiärs wurden auf Blatt Kalat keine Ophiolithe gefunden. Reichlich treten jedoch radiolaritähnliche Kieselgesteine auf, die auf das Vorhandensein ultrabasischer Gesteine deuten können.

GANSS (1941) und HIESSLEITNER (1951—52) beschreiben aus den Serpentinengebieten der Balkanhalbinsel eine „Schiefer-Hornstein-Formation“ (auch „Tuffit-Jaspis-Schichten“ und „Radiolarit-Serie“ genannt), die stets in enger genetischer Beziehung zu Serpentiniten steht.

GANSS wies 1963 die ophiolithführende „Zone von Bibut“ nach (Abb. 14), die die nordöstliche Verlängerung des untereozänen Sur-Ghar-Gebirges auf Blatt Kalat bildet.

3.2.4.5. Alter der Ophiolithe

Die Alterseinstufung der Ophiolithe ergibt sich aus der Diskussion der Lagerungsverhältnisse:

1. Die Ophiolithe drangen teilweise mit geringen Kontaktwirkungen in die metamorphe Serie ein.

2. Die Ophiolithe drangen mit gleichfalls äußerst geringen Kontaktwirkungen in die Kreidekalke ein.
3. Radiolaritartige Kieselgesteine im Alttertiär des Raumes Kalat deuten auf basische bis ultrabasische Gesteine, deren Vorhandensein von GANSS (1962) außerhalb Blatt Kalat im Paleozän und Untereozän nachgewiesen wurde.

Somit reichen die Ophiolithintrusionen, mit wahrscheinlichen Unterbrechungen, von der Unterkreide bis in das Paleozän/Untereozän.

Es können auf Blatt Kalat mindestens zwei ophiolithische Intrusionen unterschieden werden: Die ältere ultrabasische Intrusion (Serpentinite) ist dem Barrême—Cenoman zuzuordnen, da hauptsächlich die Kreidekalke mit Serpentiniten auftreten. Der jüngere Diabasvulkanismus durchdringt die Serpentinite und findet sich auch im Alttertiär.

Beide Ophiolithintrusionen benutzen die gleichen Förderwege, wodurch die Entstehung eines Serpentin/Diabas-Mischgesteins zu erklären ist.

3.2.5. Lithologische Zonengliederung auf Blatt Kalat

Abschließend kann gesagt werden, daß die gesamte Schichtfolge des Raumes Kalat in NE — SW streichenden Zonen auftritt; von West nach Ost ergibt sich nachstehende Abfolge:

1. Zone der fossilarmen Kreidekalke des Pitau Ghar mit Massenkalken.
2. Zone der Metamorphite des Manzanai Ghar.
3. Zone der fossilführenden Kreidekalke des Manzanai Ghar mit ophiolithischen Gesteinen.
4. Ophiolithführende Randzone der paleo-untereozänen Schiefer und Kalke mit Übergang zur Flyschfazies.
5. Zone des ophiolithfreien Flyschtroges.
6. Mio-pliozäne Schotter und Sande füllen die Senken zwischen den Zonen 1.—5.

4. Tektonik

Die tektonische Verformung der Gesteine des Raumes Kalat wird durch folgende Ereignisse bestimmt:

1. Eindringen der Ophiolithe in die vorhandenen Sedimente und eine postsedimentäre alpinotype Faltungsphase.
2. Epirogene germanotype Bewegungen (Bruchtektonik).

4.1. Platznahme der Ophiolithe

An dieser Stelle seien alle jene Erscheinungen zusammengestellt, die für eine Beurteilung der Platznahme der Ophiolithe Anhaltspunkte geben:

- a) Es wurden Relikte von ultrabasischen Tiefengesteinen in den Serpentiniten gefunden (Abb. 20 c).
- b) Die Ophiolithe bilden Lagergänge in den Kreidekalken.
- c) Kreidekalke und Ophiolithe sind miteinander verschuppt (Abb. 24 b).
- d) Die Ophiolithe zeigen keine oder nur sehr geringe Kontaktwirkung zum Nebengestein.

- e) Die Ophiolithe können in ältere Serpentinite und jüngere Diabase gegliedert werden.
- f) In den Diabasen wurden Pillowstrukturen beobachtet; teilweise zeigen die Diabase eine sehr feinkörnige bis glasige Struktur (rasche Abkühlung am Meeresboden).
- g) Die Ophiolithe sind perschnurartig längs NE — SW streichenden Linien angeordnet (Taf. 8).
- h) Die Ophiolithe haben den kristallinen Sockel des Bereiches Kalat nur geringfügig beeinflusst.

Die Zusammenstellung dieser Daten läßt für die Platznahme der Ophiolithe folgende Auffassung zu: Die pyroxenführenden Peridotite (a) drangen als Lagergänge teils in die Fuge zwischen die kristallinen Schiefer und die unkonsolidierten Sedimente (Kreidekalke) ein, teils in die Sedimente selbst (b). Die Peridotite müssen bei der Intrusion bereits gering temperiert gewesen sein (d). Jüngere Magmenschübe (e) waren reicher an leichtflüchtigen Bestandteilen; sie erreichten zum Teil den Meeresboden und liegen heute als Diabase vor (f). Die Ophiolithe benutzen als Förderwege tiefliegende NE — SW streichende Störungs- und Schwächezonen (g), die östlich der Manzanai-Ghar-Metamorphite liegen. In der metamorphen Serie wurden keine Ophiolithe gefunden, es konnte nur eine randliche Durchdringung der kristallinen Schiefer festgestellt werden.

Damit wäre nach den Geländebefunden die Platznahme der Ophiolithe auf Blatt Kalat als „seichte Intrusion von alpinotypen Peridotiten (und Serpentiniten) im Geosynklinalboden“ im Sinne von PETRASCHECK (1959) zu bezeichnen.

4.2. Verfaltungen

Die Faltung verformte die Schichten je nach ihrer Faltungskompetenz (Taf. 8).

In den ophiolithfreien Kreidekalken des Pitau Ghar und in den Metamorphiten des Manzanai Ghar wurden weitgespannte Falten erzeugt, deren Achsen NE — SW streichen. Am Manzanai Ghar tauchen die Kreideschichten und damit die Faltenachsen nach SW ab; Die älteren Faunengemeinschaften kommen im Nordosten des Gebietes vor, die jüngeren werden im Südwesten angeschnitten (Abb. 25).

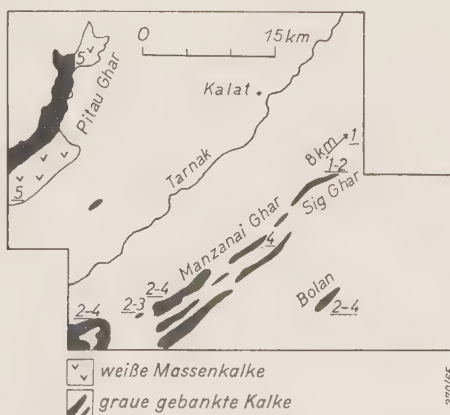


Abb. 25. Verbreitung der Kreidekalke auf Blatt Kalat (Fossilführung).

1 = Barrême. 2 = Apt. 3 = Alb.
4 = Cenoman. 5 = Rudistenkalk.

Der Betrag des Einfallens ist nicht bekannt.

Verschiedentlich treten überkippte Falten auf. Ihr Nachweis gelang nur in fossilführenden Schichten, da sich die einzelnen Kreidestufen petrographisch nicht unterscheiden (Abb. 13 a, b).

Die weitgespannten Falten der Kreidekalke werden oft durch nicht auflösbare Kleinstrukturen überdeckt, z. B. durch synsedimentäre Rutschungen, Kleinfältelungen und disharmonische Faltungen in den grauen gebankten Kalken und Fließwülste in den weißen Massenkalken. Im Bereich der Kalk/Ophiolith-Zone des Manzanai Ghar gehen die Falten in einzelne Schuppen über. Die eingedrungenen Ultrabasite erhielten durch die Orogenese eine höhere Beweglichkeit als die Kalke und wirkten so als Gleitmittel zwischen den starren Kalkschollen, so daß fast ausschließlich tektonische Kontakte vorkommen.

Die alttertiären Schichten erlitten wegen ihrer leichteren Verformbarkeit eine ungleich stärkere Faltung. Steil gestellte Schiefer und untergeordnet Sandsteine mit 80 bis 85° SE-Einfallen (partienweise auch seigere Lagerung) sind charakteristisch. Luftbildauswertung der nach Osten anschließenden Gebiete zeigt, daß auf die steilgestellten Schichten bei Kalat zahlreiche gut ausgebildete geschlossene Strukturen folgen. Es handelt sich dabei meist um Mulden, deren Längsachsen parallel dem Regionalstreichen liegen. Eine ähnliche Ausbildung zeigt auch das von GANSS (1963) untersuchte Eozän in der Umgebung des Ob-i-Stada östlich Mukur.

4.3. Epirogene Bewegungen und Bruchtektonik

Das Kalater Gebiet ist durch eine Bruchtektonik in Schollen, Horste und Gräben zerlegt. Das auffälligste, die Morphologie heute noch bestimmende Ergebnis dieser jungen Bewegungen ist die Bildung des „Kalater Zerrgrabens“ (Abb. 26). Seine Sohle ist das heutige Tarnaktal, das gegenüber dem Pitau Ghar im Nordwesten und dem Sur Ghar im Südosten abgesunken ist. Die Sur-Ghar-Störungszone bildet die Ostgrenze des Grabens. Parallel zu ihr verläuft am Fuße des Pitau Ghar eine Störung, die ebenfalls über viele Zehner Kilometer nach Nordosten und Südwesten verfolgt werden kann; sie bildet die Westgrenze des Grabens (Abb. 26). An beiden Störungen muß mit Vertikalversetzungen von mindestens 500 m gerechnet werden. Spezialhorste innerhalb des Grabens sind weniger tief abgesunken und ragen heute als Inselberge aus den Schottern auf. Das eindrucksvollste Beispiel ist der Manzanai Ghar, der in seiner alten Anlage bereits als Schwelle vorlag; weitere Beispiele sind die Kalkhorste zwischen Tarnak und Pitau Ghar, die Metamorphite WSW Kalat und der Bolan (Taf. 8). Parallel dem Westrand des Manzanai Ghar und in der nordöstlichen Verlängerung des Sig Ghar liegen schmale, von Schottern überdeckte Rippen, die dem Regionalstreichen von 60 bis 70° folgen (Taf. 8). Sie sind auf dem Luftbild deutlich zu erkennen, während sie im Gelände nicht auffallen. Wahrscheinlich pausen sich in diesen Rippen überschotterte Horste aus Kalken und Marmoren durch. Diese Gesteine sind nämlich im Raume Kalat die einzigen, die die für eine Durchpausung notwendigen scharfgratigen Kämme bilden können.

Weitere epirogene Bewegungen sind aus bestimmten Erscheinungen in den Schottern abzulesen.

- a) Am Sur Ghar sind die Schotter an den Gebirgsflanken hochgeschleppt (Einfallen bis zu 25°).
- b) Am Manzanai Ghar liegen Nagelfluhbänke und Süßwasserkalkreste heute mehrere Zehnermeter über der Schotteroberkante.
- c) In der Tarnakebene haben epirogene Bewegungen und Erosion drei Terrassen-niveaus in den Schottern entstehen lassen. Der älteste der noch erhaltenen

Talböden ist lößfrei und bildet scharf umrissene Schotter-Inselberge, die südlich und östlich Kalat besonders gut ausgebildet sind (Taf. 8). Die beiden tieferen Terrassenflächen sind in unzählige kleine Hügel zerriedelt und werden von Schwemmlöß und Lehm überdeckt. Die gemessenen Terrassenoberkanten liegen südlich Kalat bei etwa 1680 m, 1740 m und 1800 m.

Diese epigenen Vorgänge haben sicher nach der mio-pliozänen Schotterschüttung stattgefunden; sie sind heute noch nicht zum Stillstand gekommen, Erdbeben sind im Raume Kalat sehr häufig.

5. Erdgeschichtliche Entwicklung des Kalater Gebietes

Das Untersuchungsgebiet gehört zu der von GANSS (1964) definierten „Belutschistan—Indus-Geosynklinale“ (Abb. 27). Es soll nun im folgenden versucht werden, die erdgeschichtliche Entwicklung dieses Teilgebietes der Geosynklinale (Abb. 26) aufzuzeigen.

Die ältesten nachweisbaren Gesteinsablagerungen waren präpermische (wahrscheinlich Oberkarbon) Kalke, Dolomite, Tone, Mergel und Sandsteine, die heute als schwachmetamorphe kristalline Schiefer und Marmore vorliegen. Sie zeigen noch deutlich ihren ursprünglichen sedimentären Verband.

Nach einer vermuteten Schichtlücke folgte die Transgression des Barrême. Das Kalater Gebiet stellte während der Kreidesedimentation eine küstennahe Schelfregion dar: Massenkalkbildungen sowie zahlreiche Einlagerungen in den gebankten Kalken, zum Beispiel oolithische Lagen, Sandsteinbänke und -linsen, synsedimentäre Brekzien und Muschelschillbänke deuten auf küstennahe Sedimentation hin.

Der Sedimentationsbereich der Kreide ist im Kalater Gebiet regional gegliedert (Abb. 26): Die Metamorphite des Manzanai Ghar bilden eine Schwellenregion, östlich und westlich waren Teiltröge des Kreidemeeres vorhanden:

Der Osttrog („Manzanai-Ghar—Bolan-Trog“) ist von grauen gebankten Kalken mit einer maximalen Mächtigkeit von etwa 700 m erfüllt. Die Kalke enthalten eine wohldefinierte Mikrofauna.

Der Westtrog („Pitau-Ghar-Trog“) ist von grauen gebankten Kalken und weißen Massenkalken erfüllt; die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 3500 m. Die grauen Kalke sind fossilfrei; in den weißen Massenkalken wurden gelegentlich vollkommen verquetschte rudistenähnliche Gebilde gefunden.

Die großen Mächtigkeitsunterschiede der Kalke im Westtrog einerseits und im Osttrog andererseits und ihre verschiedene Fossilführung sind ein Beweis für die Manzanai-Ghar-Schwelle und die ökologisch unterschiedenen Tröge.

Mit dem Cenoman hörte die Sedimentation im Bereich des Osttrogas auf.

Ultrabasische bis basische Intrusionen des initialen Geosynklinalmagmatismus sind lagergangartig in die Kreidekalke des Manzanai Ghar eingeschaltet.

Nach einer weiteren, eindeutig belegten Schichtlücke folgte das Alttertiär des Sur Ghar, als der Beginn des Geosynkinalstadiums. Es setzte mit einer erneuten Transgression ein. Fossilfunde deuten darauf hin, daß der Sedimentationsraum eine warme Flachsee war.

Faunistisch belegtes Paleozän war nur an wenigen Stellen sicher nachweisbar. Große Mächtigkeiten erreichen jedoch die von GANSS (1963) erfaßten Zonen des Paleo-

zäns und Untereozäns: Die Zone von Bibut erreicht auf Blatt Kalat eine Mächtigkeit von etwa 1200 m, die Zone von Landai — Lilizi Tangi ist auf Blatt Kalat nur zu einem geringen Teil erfaßt.

Westlich des Sur Ghar wurde auf Blatt Kalat kein Alttertiär gefunden. Gerölle von Nummulitenkalken werden von GANSS (1963) bei Mukur beschrieben, desgleichen erwähnt GABERT (1961) unbedeutende eoazäne Schichten bei Kandahar. So hatte sich die alttertiäre Sedimentation wohl noch westlich ihrer heutigen Verbreitung am Sur Ghar als ein geringmächtiger Schleier über Blatt Kalat erstreckt.

Während der Eozänsedimentation fand eine Wanderung des Trogtiefsten von Nordwesten nach Südosten statt: Auf mächtige küstenferne Tonschiefer folgen diskordant küstennähere klastische Gesteine.

Im Zusammenhang mit dem beginnenden Geosynklinallstadium wurden während des Eozäns erneut basische Ergüsse gefördert, die heute als Ophiolithe vorliegen.

Ihre Vorkommen erstrecken sich parallel zu den bereits erwähnten kretazischen Ergüssen. Am Manzanai Ghar läßt sich ein kontinuierlicher Übergang von Serpentiniten zu Diabasen nachweisen. Es ist anzunehmen, daß die erneute Effusivtätigkeit sich der zum Teil bereits vorhandenen älteren Förderwege bediente.

Außerhalb des Arbeitsgebietes finden sich die Ophiolithe in der eoazänen Zone von Bibut, während sich östlich ophiolithfreies Untereozän anschließt. Die Kalater Ophiolithzone und die Zone von Bibut gehören somit einer labilen Randzone der Hauptgeosynklinale an.

Die marine Sedimentation war im Kalater Gebiet mit dem Untereozän abgeschlossen. Die einsetzende Stammfaltung beanspruchte das gesamte Schichtpaket des Schelf- und Geosynklinallraumes. Sie ist als postunteroligozän anzusehen, da bei Quetta (Abb. 27) die konkordante Folge Eozän/Unteroligozän gemeinsam verfaltet worden ist (nach GANSS 1964).

Erläuterung zu Abb. 26:

- a. Ausbildung der Teiltröge im kretazischen Schelfbereich:
 - (a) Pitau-Ghar-Trog
 - (b) Manzanai-Ghar — Bolan-Trog
 - (c) Manzanai-Ghar-Schwelle
 - (d) Ultrabasische Intrusion.
- b. Ausbildung des alttertiären Geosynklinalltroges im Osten (e), mit geringmächtigen Ablagerungen im kretazischen Schelfbereich (f). Weitere basische bis ultrabasische Intrusionen (g).
- c. Zustand nach der Faltung.
- d. Epirogene Phase. Bildung des Kalater Zerrgrabens mit zentralem Horst (h). Bildung der Sur-Ghar-Störung (i) und Pitau-Ghar-Störung (k). Formung des heutigen Landschaftsbildes:
 - Pitau Ghar (m)
 - Borgana (n)
 - Bolan (o)
 - Kalk/Ophiolithe des Manzanai Ghar (p)
 - Metamorphite des Manzanai Ghar (h).

Die durch Faltung erzeugte Raumverengung ist zwischen b und c schematisch angedeutet (v).

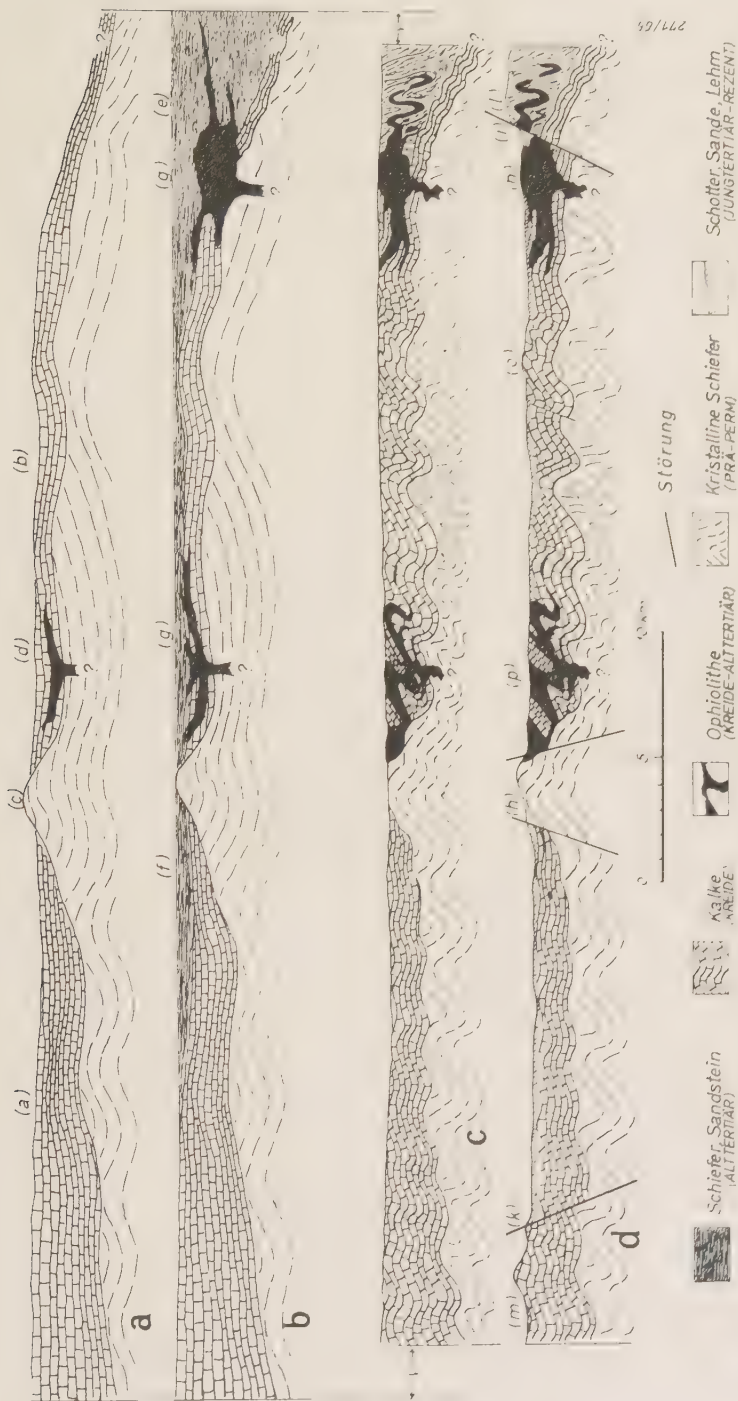


Abb. 26. Schematische Darstellung der geologisch-tektonischen Entwicklung des Kalater Gebietes (Erläuterung s. nebenstehende Seite).

Während der darauffolgenden Einebnung wurde das Eozän westlich des Sur Ghar abgetragen. Nur bei Kandahar und Mukur sind unbedeutende Reste des westlichen Eozäns erhalten geblieben.

Eine anschließende epirogene Phase zerlegte das Gebiet längs NE — SW streichenden Störungen in Schollen. Es entstand der heute morphologisch auffällige Tarnakgraben.

Der Grabenbildung folgte die Einschotterung, während der die epirogenen Bewegungen andauerten. Sie sind bis heute nicht zum Stillstand gekommen und äußern sich in einer kräftigen seismischen Aktivität.

6. Regionale Stellung des Kalater Gebietes

Nachdem die Entwicklung des Geosynkinalabschnittes bei Kalat aufgezeigt worden ist, soll untersucht werden, in welcher Weise sich das Arbeitsgebiet in die Belutschistan — Indus-Geosynklinale einfügt und welche Parallelen sich zu benachbarten, geologisch bekannten Gebieten ziehen lassen.

6.1. Die Stellung des Kalater Gebietes in der Belutschistan — Indus-Geosynklinale

An erster Stelle muß hier auf eine neue Untersuchung von GANSS (1964) verwiesen werden, die sich mit dem Geosynkinalbereich in pakistanischem Gebiet befaßt. Abbildung 27 zeigt vereinfacht den Verlauf der „Belutschistan — Indus-Geosynklinale“. Diese Untersuchungen und die des Kalater Gebietes zusammengefaßt geben folgende Gliederung der NE — SW streichenden symmetrischen Geosynklinale: Das Zentrum der Geosynklinale nimmt der von GANSS (1964) definierte südostafghanische Flyschtrogl ein, der auf Blatt Kalat im Südosten noch angeschnitten wird. Beiderseitig schließen sich kalkführende Randzonen mit Ophiolithen an: im Nordwesten die ophiolithführende Zone Kandahar — Kalat — Gardez — Chost, im Südwesten die Porali — Quetta — Hindubagh-Zone. Diese Zonen gehen wiederum beidseitig in Schelfbereiche über: im Nordwesten der beschriebene Schelfbereich von Kalat mit seinen Kalken, südöstlich Quetta der eozäne Schelfbereich. Die labile Randzone und der stabile Schelfbereich sind jeweils durch Störungszonen getrennt: bei Kalat durch die ophiolithführende Schwellenregion, im Südosten durch die „Quetta-Störungszone“ (nach GANSS), die ein altes Scharnier darstellt.

Ebenfalls symmetrisch ist der Faltenbau: An den steilgestellten Flysch schließen randlich im Nordwesten und Südosten die schwächer gefalteten Schelfregionen mit ausgeprägtem Mulden- und Sattellbau an.

Der Kalater Bereich der Belutschistan — Indus-Geosynklinale kann in streichender Erstreckung in ähnlichem Bau und ähnlicher Ausbildung nördlich bis Ghazni (240 km) verfolgt werden, südlich bis Kandahar (130 km). Der von GANSS bearbeitete Raum nordöstlich Kalat ist bereits mehrfach ausführlich erwähnt (3.2.). Die geologischen Verhältnisse südlich Kalat im Raum Kandahar seien nach GABERT (1961) kurz skizziert:

Im Liegenden einer kretazischen Rudistenkalkserie treten basische Effusiva, Quarzite und Chloritgneise auf. Die obersten Partien der Kreidekalke sind mit einer Diabas-Tuff-Serie verzahnt, die einem synorogenen Plutonismus der kretazischen Geosynklinale zuzuordnen ist. Der Diabasvulkanismus leitete über in eine Andesit-Rhyolith-Serie, die sich anschließend mit untereozänen Kalken verzahnte.

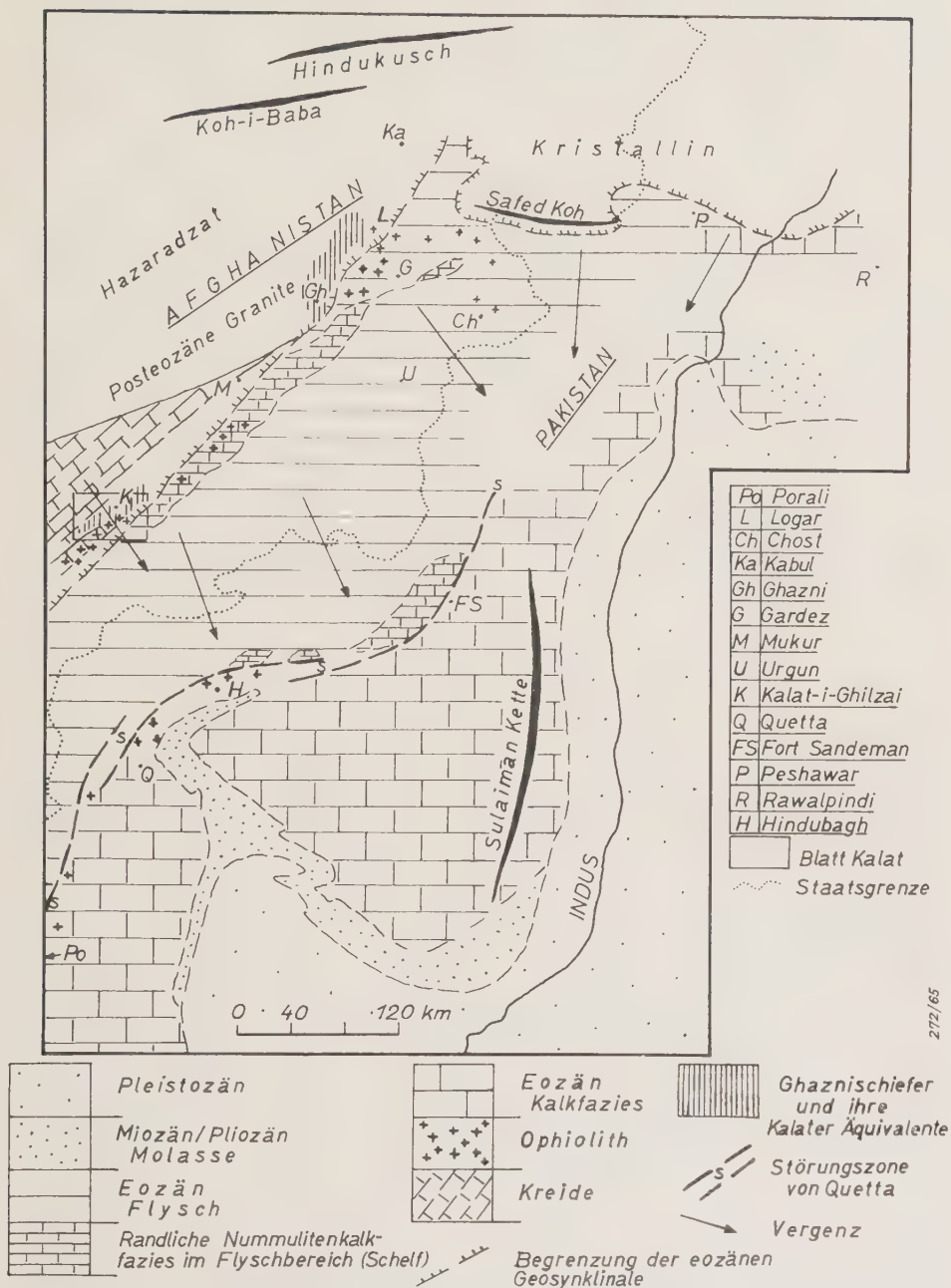


Abb. 27. Geologisch-tektonische Übersicht von SE Afghanistan und Pakistan. Vereinfacht nach GANSS (1964). Im Raum Kalat nach eigenen Befunden ergänzt.

Nach dem Untereozän folgte eine alpinotype Faltungsphase mit SE-Vergenz. Im Gebiet um Kandahar ist eine deutliche Verschuppung sichtbar. Tuffe wirkten als Gleitmittel. Im Anschluß an die Faltung und Verschuppung drangen Diorite, Granodiorite und Granite auf, die alle von basischen und sauren Gängen durchsetzt sind.

6.2. Paläogeographie der Belutschistan — Indus-Geosynklinale

Als älteste Gesteine der Belutschistan — Indus-Geosynklinale werden aus dem Raum Quetta permokarbone Fusulinenkalken beschrieben (GANSSE 1964). Diskordant folgen Kalken und Schiefer der Obertrias sowie jurassische Kalken in ähnlicher Ausbildung. Nach einer Schichtlücke, Callovien — Neokom, setzt in der oberen Unterkreide eine Transgression ein. Dan bis unteres Paleozän sind regressiv, während im mittleren Paleozän eine erneute Transgression stattfindet. Bei Kalat fehlen nach den bisherigen Erkenntnissen Permo-Karbon, Trias und Jura. Die älteste nachweisbare mesozoische Transgression setzt erst mit dem ? Unter-Barrême ein, für den Zeitraum Cenoman — unteres Paleozän müssen wir eine Schichtlücke annehmen.

Die nördlichsten Kreideablagerungen liegen bei Mukur. Mit der folgenden alttertiären Transgression erreichte die Geosynklinale in SE-Afghanistan ihre größte nördliche Ausdehnung.

Jede Transgression — mit Ausnahme der permokarbonen — weitete sich also gegenüber der älteren um ein Vielfaches nach Norden bis Nordosten aus.

6.3. Zur regionalen Stellung der Ophiolithen

Aus den bisherigen Untersuchungen der DGMA darf man eine durchgehende Ophiolithenzone vom Logartal — Ghazni — Gardez — Chost — Mukur — Kalat — Kandahar annehmen. Im Logartal ist sie chromitführend. SIEBDRAT (1962) fand Chromitlinsen und -schlieren in serpentinierten Ultrabasiten, deren Intrusionsalter er als

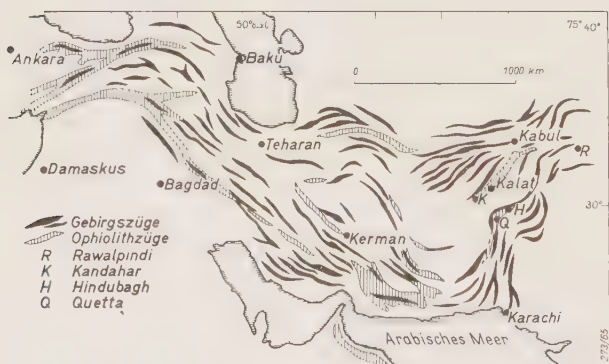


Abb. 28. Orographische Gliederung des Gebietes von Anatolien bis West-Pakistan.

Die Ophiolithzüge westlich des 65. Grades östlicher Länge nach GANSSE (1955), östlich davon nach Untersuchungen der DGMA.

eozen angibt. Diese Ophiolithzone kann als Ast des chromitführenden Ophiolithgürtels betrachtet werden, der von Anatolien bis West-Belutschistan/SE-Iran (nach GANSSE 1955; WALTHER 1960) reicht (Abb. 28) und sich im orographischen Bild abzeichnet.

Die Zusammengehörigkeit beider Ophiolithzonen wird durch geologische Beschreibungen einzelner Gebiete des Ophiolithgürtels bestätigt, die ähnliche Verhält-

nisse schildern, wie sie in Kalat vorliegen. Als Beispiele solcher Beschreibungen seien die von GANSSER (1955) und WALTHER (1960) herausgegriffen, denn wie GANSSER bemerkt, besteht eine „frappante Ähnlichkeit zwischen der ophiolithführenden Zone in iranisch Belutschistan und der von BAILEY beschriebenen Ankara Melange“. GANSSER charakterisiert die Ophiolithe in Belutschistan folgendermaßen:

„Als Basis der Ophiolithe treten epimetamorphe Serizit-Chloritschiefer, Phyllite, Hornblende-Chloritschiefer und quarzitisches Schiefer auf. Sie enthalten sehr charakteristische Linsen und Lagen eines schneeweißen bis gelblichen Marmors.

Die Ophiolithe bestehen aus mehr oder minder serpentinierten Diallageridotiten, eigentlichen Serpentiniten mit verschiedenen Ophikalzittypen, Gabbro und Diabas bis feinkörnigem Diorit. Pillowlaven und spillitische Gesteine sind weniger häufig.

Die Sedimente, in engem Zusammenhang mit den Ophiolithen, sind: Radiolarite, Kiesel-schiefer und Kieselkalke, korallenführende Kalke und Rudistenkalke.

Überlagert wird die Ophiolithzone von einer mächtigen Flyschformation, die in West-belutschistan (Iran) unteroligozänen Alters ist, nach Osten zu jedoch bis in das Mitteleozän reicht.“

WALTHERS Beobachtungen aus SE-Iran präzisieren GANSSERS Beschreibungen insofern, als eine klare Zonengliederung im Gebiet um Kerman (Abb. 28) herausgestellt wird:

In der Kerman-Zone wird der präkambrische Untergrund von altemesozoischen Sedimenten überlagert. „Diskordant folgt sandig-mergelige Unterkreide mit Orbitolinen des Apt; mit einer weiteren schwachen Diskordanz folgt rudistenführende Oberkreide.“ Bei der metamorphen und Schuppenzone wird der metamorphe Unterbau (? paläozoisch) von Jura überlagert. Es folgen Kreide und Tertiär, mit eingeschalteten Geosynklinalmagmatiten (Diabas, Porphyrit, Dunit und Peridotit) und Radiolarit und Ophiolithzügen. Die serpentinierten Peridotite sind chromitführend. Eine eozäne Flyschzone ist randlich angelagert.

Diesen Beschreibungen ist die in 3.2.5. gegebene Zonengliederung des Raumes Kalat sehr ähnlich.

Die Kalater Zonengliederung läßt sich allerdings nach Nordosten nicht klar verfolgen. Der Gebirgsbau wird nach Nordosten zu enger, und die Gebirgszüge bilden im Pamir- und Karakorumgebiet die „Große Scharung der Zentral- und Vorderasiatischen Faltengebirge“ (nach TRINKLER 1923). Eine intensive Orogenese verwischte weitgehend die Zonengliederung. Südlich dieser großen Scharung ist ein Zonenbau wieder zu erkennen. GATTINGER (1961) beschreibt aus Indisch-Kaschmir eine Zoneneinteilung, die der Kalater ähnlich ist: In eine kretazisch bis alttertiäre Flyschzone ist eine Ophiolithzone eingeschaltet, nach Norden zu schließt eine kristalline Zone mit Graniten an. Der geologischen Karte GATTINGERS ist zu entnehmen, daß sich die komplexe Überlagerung mehrerer Zonen des Kaschmirgebietes nach Südwesten zu, im afghanischen Raume, aufgliedert und verästelt, so daß bei Kalat ein Teilgebiet mit klarer Zoneneinteilung erfaßt werden konnte.

Abschließend kann gesagt werden, daß sich die in einem kleinen Gebiet gemachten Beobachtungen gut in den geologischen Rahmen der Belutschistan — Indus-Geosynklinale und in den zentralasiatischen Gebirgsbau einfügen, wobei Abweichungen und kleinere Unterschiede bei der großen Entfernung zwischen den Vergleichsgebieten nur selbstverständlich und zu erwarten sind.

7. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Es wurde ein nordwestliches Teilgebiet der südostafghanischen Belutschistan — Indus-Geosynklinale untersucht. Ziel und Aufgabe der Arbeit war es, zur geologischen Landesaufnahme Afghanistans beizutragen und festzustellen, ob in diesem Bereich

Erze oder Erdöl vorkommen. Bekannt waren die ophiolithischen Chromitlagerstätten des Logar-Tales südlich Kabul und es erhob sich die Frage, ob und in welcher Art sich diese ultrabasischen Gesteinszüge nach Süden und Südwesten fortsetzen.

Das Gebiet war geologisches Neuland. Es mußte zunächst eine geologische Übersichtskarte aufgenommen werden. Dabei wurde die folgende Schichtfolge im Gebiet um Kalat festgestellt:

1. Miozän-pliozäne Schotter und Sande mit Einlagerungen vulkanischer Sande.
2. Paleozäne und untereozäne Schiefer, Kalke und Sandsteine. Zonenweise sind in das Untereozän Ophiolithe eingeschaltet.
3. Kalke und Barrême bis Cenoman, die nach dem Hangenden zu mehr und mehr Massenkalken enthalten. Die kretazischen Sedimente sind wie die alttertiäre Folge zonenweise von Ultrabasiten intrudiert worden.
4. Eine präpermische (? Oberkarbon) Folge schwach metamorpher Schiefer und Marmore.

Quer zum Streichen der Schichten konnte von West nach Ost folgende Zoneneinteilung festgestellt werden:

- a) Zone fossilarmer Kreidekalke mit Massenkalken.
- b) Metamorphe Zone.
- c) Ophiolithführende Kreidekalke.
- d) Ophiolithführende Randzone der alttertiären Kalke mit Übergang zu Flyschfazies.
- e) Zone des ophiolithfreien Flyschtroges.

Das Gebiet um Kalat stellt die nordwestliche Randzone der Belutschistan — Indus-Geosynklinale dar. Die Kreide ist als Schelffazies ausgebildet und durch Schwellen des metamorphen Untergrundes in Teiltröge gegliedert. Das Alttertiär liegt in Flyschfazies vor.

Eine posteoazäne Faltung erzeugte in den Sedimenten der Schelfregion weitgespannte Mulden und Sättel mit leichter SE-Vergenz. Die NE — SW streichenden Mulden- und Sattelachsen tauchen nach SW ab. In den ophiolithführenden Zonen der Kreide wirkten die Ultrabasite als Gleitmittel zwischen den starren Kalkschollen, wodurch eine Verschuppung stattfand. Die Flyschsedimente wurden steilgestellt, ein leichtes SE-Fallen war zu beobachten.

Durch postorogene Bewegungen wurde das Kalater Gebiet längs NE — SW streichenden Störungen in Schollen zerlegt; es entstand der „Kalater Zerrgraben“.

Das weite Tarnaktal wurde durch jungtertiäre grobklastische Sedimente eingeschottert. Junge Hebungen sind an verschiedenen hohen Terrassenniveaus der Schotteroberkante ablesbar.

Durch die Verbindung der Ergebnisse aus dem Kalater Gebiet mit Befunden aus anderen geologisch bekannten Gebieten (SE-Iran, Westpakistan und Kaschmir) kann der symmetrische Bau der Belutschistan — Indus-Geosynklinale aufgezeigt und die Zoneneinteilung des geosynklinealen Schelfbereiches über weite Gebiete in Streichrichtung verfolgt werden.

Daraus wiederum darf man folgern, daß für den südost-afghanischen Flyschbereich eine gewisse Hoffnung auf Erdölführung besteht: Seine nordöstliche Verlängerung ist in dem pakistanischen Potwar-Becken südlich der Linie Peshawar — Rawalpindi seit Jahrzehnten als erdölführend bekannt.

Ebenso ist das Vorhandensein von Chromitlagerstätten im Bereich des Ophiolithzuges Kabul — Kandahar nicht ausgeschlossen.

8. Schriften

- BERINGER, C. C. & MURAWSKI, H.: Geologisches Wörterbuch. — 243 S., 61 Abb., 3 Tab. i. Text, 7 Tab. i. Anhang. — Stuttgart (Enke) 1957.
- BURRI, C. & NIGGLI, P.: Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. 1. Hauptteil: Ophiolithe. — 654 S., 211 Abb., 105 Tab., 6 Taf., Zürich 1945.
- CHUBODA, K.: Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung. — 54 S., 46 Abb., 4 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1932.
- COTTON, C. A.: Geomorphology, 3rd edit. — 505 S., 473 Abb., London (Whitcombe & Tombs) 1949.
- DANA, E. S.: A textbook of mineralogy, 4th edit. — 851 S., New York (Wiley) 1950.
- DOUGLASS, R. C.: Revision of the family Orbitolinidae. — *Micropaleontology*, **6**, 3, S. 249 bis 270, 3 Abb., 6 Taf., New York 1960 (1960 a).
- : The Foraminifera genus Orbitolina in North America. — *Geol. Soc. prof. Pap.*, **333**, S. 1—52, 32 Abb., 17 Taf., New York 1960 (1960 b).
- GABERT, G.: Bericht zur Übersichtskartierung des Registan E- und N-Randes. — *Ber. DGMA, Arch. BfB*, **27** S., 1 Kt., Kabul 1961. — [Unveröff.]
- GANSS, O.: Geologie der Zlatar Planina. — *Abh. deutsch. Ges. Wiss. Prag, math.-naturw. Kl.*, **4**, 132 S., 19 Abb., i. Text, 22 Abb. auf Taf., 1 geol. Kt. 1 : 50 000, Reichenberg 1941.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes Gardez — Urgun. — *Ber. DGMA, Arch. BfB*, S. 1—20, 9 Anl., Kabul 1959. — [Unveröff.]
- : Jahresbericht 1961. — *DGMA, Arch. BfB*, S. 3—5, Kabul 1961. — [Unveröff.]
- : Erläuterungen zur geologischen Karte Mukur — Wase-Chwar 1 : 125 000. — *DGMA, Kabul* 1963. — [Unveröff.]
- : Zur geologischen Geschichte der Belutschistan — Indus-Geosynklinale. — *Geol. Jb.* **82**, S. 203—242, 3 Abb., 4 Taf., Hannover 1964.
- & SCHOTT, W.: Erdölmöglichkeiten in Südost-Afghanistan. — *Ber. Bundesanst. Bodenforsch., Arch. BfB*, Hannover 1962. — [Unveröff.]
- GANSSER, A.: New aspects of the geology in central Iran. — *4th World Petrol. Congr., Proc. Sect. 1*, S. 239—300, 3 Taf., Rom 1955.
- : Außeralpine Ophiolithprobleme. — *Ecl. geol. Helv.*, **52** (1959), S. 659—680, 10 Abb., Basel 1960.
- GATTINGER, T. E.: Geologischer Querschnitt des Karakorum vom Indus zum Shaksam. — *Jb. geol. Bundesanst., S.-Bd.*, **6**, 118 S., 31 Abb., 6 Panor., 2 Kt., 1 Blockbild, Taf. 1—9, Wien 1961.
- GRIESBACH, J. K.: Report on the geology of the section between the Bolan Pass in Baluchistan and Girishk in southern Afghanistan. — *Mem. geol. Soc. India*, **18**, 1, S. 1—60, 4 Taf., Calcutta 1881.
- : On the geology of the country between Chappar Rift and Harnai in Baluchistan. — *Rec. geol. Surv. India*, **74**, Pt. 2, Calcutta 1883.
- HARKER, A.: Metamorphism, 3rd edit. repr. — 362 S., 185 Abb., London (Methuen) 1952.
- HENSON, F. R.: Larger imperforate Foraminifera of southwestern Asia. — S. 1—127, 16 Abb., 16 Taf., London (Brit. Mus. natur. Hist.) 1948.
- HENTSCHEL, H.: Basischer Magmatismus in der Geosynklinale. — *Geol. Rdsch.*, **50**, S. 33—45, Stuttgart 1960.

- HIESSLEITNER, G.: Serpentin- und Chromerz-Geologie der Balkanhalbinsel. — Jb. geol. Bundesanst., S.-Bd. **1**, 683 S., 149 Abb. i. Text, 10 Abb. u. Kt. auf Taf., 3 Tab., 37 Fot. u. Mikrofot., Wien 1951—52.
- HUMLUM, J.: La Geographie de L'Afghanistan. — 421 S., 1 Kt., Copenhagen (Scand. Univ. Books) 1959.
- IZDAR, E.: Geologischer Bau, Magmatismus und Lagerstätten der östlichen Hekimhan-Hasancelebi-Zone (Ostanatolien). — Veröff. Inst. Lagerst.-Forsch. Türkei, **112**, I—V u. 72 S., 12 Abb., 7 Anl., Ankara 1963.
- LEITMEIER, H.: Einführung in die Gesteinskunde. — 275 S., 100 Abb., Wien (Springer) 1950.
- LINCK, G. & JUNG, H.: Grundriß der Mineralogie und Petrographie, 2. Aufl. — 367 S., 393 Abb., Jena (Fischer) 1954.
- MAYNC, W.: Deux espèces nouvelles crétacées du genre Pseudocyclamina. — Rev. Micropaléont. **1**, 4, S. 179—189, 4 Taf., 2 Fig., Paris 1959.
- NATIONAL IRANIAN OIL COMPANY: Geological map of Iran 1 : 2 500 000. With esplanat. notes. — Zurich 1959.
- NEVIN, C. M.: Principles of structural geology, 4th edit. — 410 S., 250 Abb., New York (Wiley) 1950.
- NOETLING, F.: Übergang Kreide — Eozän in Balutschistan. — Cbl. Miner. etc., Tl. II, S. 514 bis 523, Stuttgart 1903.
- PAVONI, N.: Die nordanatolische Horizontalverschiebung. — Geol. Rdsch., **51**, H. 1, S. 122 bis 139, Stuttgart 1961.
- PETRASCHECK, jr. W. E.: Zur Geologie der chromführenden Ophiolithe der Osttürkei. — Repr. from: Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turkey, **50**, 14 S., 8 Abb., 1 Taf., Ankara 1958.
- : Intrusiver und extrusiver Peridotitmagmatismus im alpinotypen Bereich. — Geol. Rdsch., **48**, S. 205—217, 5 Abb., Stuttgart 1959.
- PIRSSON, L. V. & KNOPF, A.: Rocks and rock minerals, 3rd edit. — 349 S., 72 Abb., 51 Tab., 36 Taf., New York (Wiley) 1956.
- POPOL, S. A. & TROMP, S. W.: The stratigraphy and main structural features of Afghanistan. — Proc. Kon. Nederl. Akad. Wet., Ser. B., **57**, Nr. 3, S. 370—394, Amsterdam 1954. — [Mit ausführl. Schriftenverz. üb. geol. Arb. in Afghanistan].
- RAMBERG, H.: The origin of metamorphic and metasomatic rocks. — 317 S., Chicago (Univ. Chicago Press) 1952.
- RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — 1089 S., 688 Abb., Berlin (Akad. Verl.) 1960.
- REUL, K.: Bericht über geologische Arbeiten in Südafghanistan. — Ber. DGMA, Arch. BfB, S. 1—30, 5 Anl., Kabul 1960. — [Unveröff.]
- RICE, C. M.: Dictionary of geological terms. — 461 S., Michigan (Edwards Brothers) 1952.
- RITTMANN, A.: Vulkane und ihre Tätigkeit. — 336 S., 113 Abb., 2 Taf., Stuttgart (Enke) 1960.
- ROGER, A. F. & KERR, P. F.: Optical mineralogy, 2nd edit. — 390 S., 369 Abb., New York — London (McGraw-Hill) 1942.
- SAHNI & SASTRI: A monography of the orbitolines found in the Indian continent (Chitral, Gilgit, Kashmere, Tibet and Burma). — Palaeont. Indica, N. S., **33**, 3, Calcutta 1957.

- SCHNEIDER, H. J.: Tektonik und Magmatismus im NW-Karakorum. — Geol. Rdsch., **46**, H. 2, S. 426—476, 16 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1957.
- : Geosynklinale Entwicklung und Magmatismus an der Wende Paläozoikum — Mesozoikum im NW-Himalaya und -Karakorum. — Geol. Rdsch. **50**, S. 334—352, 5 Abb., 1 Taf., Stuttgart 1960.
- SCHUSTER, M.: Das geographische und geologische Blockbild. — 222 S., 257 Abb., Berlin (Akad.-Verl.) 1954.
- SIEBDRAT, H.: Petrographische Untersuchungen der Chromiterze und Gesteine im Logartai. — Ber. DGMA, Arch. BfB, **18** S., 9 Anl., Kabul 1962. — [Unveröff.]
- STILLE, H.: Über europäisch-zentralasiatische Gebirgszusammenhänge. — Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., S. 173—201, 4 Abb., 1 Taf., Göttingen 1928.
- TRINKLER, E.: Das Problem der großen Scharung in den Pamir-Gebieten. — Mitt. geogr. Ges., **16**, H. 1, S. 1—12, München 1923.
- TRÖGER, W. E.: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. — 360 S., Berlin (Deutsch. Miner. Ges. e. V.) 1935.
- : Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Tl. 1. — 147 S., 95 Diagr., 256 Fig., 16 Stereogr., 9 Nomogr., Stuttgart (Schweizerbart) 1952.
- TURNER, J. & VERHOOGEN, J.: Igneous and metamorphic petrology. — I—VI u. 602 S., 92 Abb., 31 Tab. New York (McGraw-Hill) 1951.
- WADIA, D. N.: Geology of India. 3rd. edit. 536 S., 19 Taf., 1 Kt., London (MacMillan) 1957.
- WALTHER, H. W.: Orogen-Struktur und Metallverteilung im östlichen Zagros (Südost-Iran). — Geol. Rdsch., **50**, S. 353—374, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Stuttgart 1960.
- YABE, H. & HANZAWA, S.: *Coffatella* SCHLUMBERGER and *Pseudocyclammina*, a new genus of arenaceous Foraminifera. — Sci. Rep. Tōhoku imp. Univ., Geol. **9** (2), S. 9—11, 1 Taf., Sendai 1926.
- YOKOYAMA, M.: Versteinerung aus der japanischen Kreide. — Palaeontographica **36**, S. 159 bis 202, 8 Taf., Stuttgart 1890.

Lebenslauf

Am 10. April 1931 wurde ich, Andreas Hess, als Sohn des damaligen deutschen Vizekonsuls Dr. Walther Hess und seiner Ehefrau Irmgard, geb. Armbruster, in Jerusalem geboren.

In den Jahren 1938/39 besuchte ich die Deutsche Schule in Belgrad und 1939—42 die Deutsche Schule in Athen. Von Herbst 1942 bis Ende 1944 war ich in der Oberschule der „Schule Schloß Salem“, 1946/47 im Landerziehungsheim in Marquartstein/Obb. Von 1947 bis 1951 besuchte ich als interner Schüler das Institut auf dem Rosenberg in St. Gallen. Im Frühjahr 1951 bestand ich in Zürich die Eidgenössische Maturitätsprüfung.

Mit dem Wintersemester 1951/52 begann ich mein Studium der Geologie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. 1952 siedelten meine Eltern nach Sydney/Australien über, wohin mein Vater als Deutscher Botschafter berufen wurde. 1953—55 studierte ich an der University of Sydney Geologie und schloß Ende 1955 mein Studium mit der Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science“ ab. 1956 und 1957 arbeitete ich als Geologe bei „Geosurveys of Australia Ltd“, Adelaide. Meine Arbeitsgebiete lagen in Zentralaustralien (Ölprospektion und regionale Kartierung). 1958 kehrte ich nach Deutschland zurück. Vom Wintersemester 1958/59 bis zum Sommersemester 1961 arbeitete ich an meiner Diplomarbeit (Erläuterungen zur Geologischen Karte von Blatt Eichendorf/Niederbayern) im Raume Landau/Isar. Im Juli 1961 bestand ich die Diplom-Geologen-Hauptprüfung an der Ludwig-Maximilians-Universität, München. Von September 1961 bis August 1962 arbeitete ich als Ausbildungsgeologe bei der Deutschen Geologischen Mission in Afghanistan.

Meine akademischen Lehrer waren:

An der Universität Bonn

R. BRINKMANN, J. FRECHEN, B. HELFRICH, W. KLEBER, M. MÜLLER, A. NEUHAUS, R. POTONIÉ, W. RIEZLER, K. H. SCHEUMANN, W. SCHUMACHER.

An der Universität Sydney

A. J. BIRCH, P. J. COLEMAN, D. P. CRAIG, P. J. DEVERY, J. A. DULHUNTY, R. J. W. LE FEVRE, L. LIONS, C. E. MARSHALL, H. NARAIN, G. D. OSBORNE, G. H. PACKHAM, F. M. QUODLING, F. K. RICKWOOD, E. RITCHIE, I. G. ROSS, H. RUTLEDGE, R. L. STANTON, T. G. VALLANCE.

An der Universität München

G. ANGENHEISTER, R. DEHM, G. FISCHER, H. HAGN, E. KRAUS, A. MAUCHER, G. MENZER, F. NEUMAIER, H. J. SCHNEIDER, W. ZEIL.

